

## O uso de *simulações* na tomada de decisão

### Objetivos:

Ao final desta etapa, esperamos que você seja capaz de:

- Entender a importância dos **modelos matemáticos** na *tomada de decisão*;
- Compreender o método de **Simulação de Monte Carlo** e sua utilização na *tomada de decisão*;
- Identificar **problemas de gestão** passíveis de serem resolvidos com fatos científicos;
- Assumir os **riscos de gestão** e lidar eficientemente com eles;
- Resolver problemas com emprego da **técnica de simulação**

### Considerações iniciais

Tomar decisões baseadas em critérios científicos e racionais exige como aliados a *Matemática*, a *Estatística* e a *Informática Aplicada*.

A nossa caminhada, onde será enfatizada a importância dos modelos matemáticos no processo de tomada de decisão, está dividida em dois momentos:

*1º Momento* – Buscaremos entender melhor o conceito de modelagem, seus campos de aplicações e a técnica da simulação, usando o método de Monte Carlo

*2º Momento* – Aprofundaremos as técnicas de modelagem, utilizando planilhas eletrônicas, as técnicas de otimização, usando a programação linear, que utiliza ferramentas eletrônicas mais específicas como o Solver do Excel e o Lindo.. No Volume 4 da Etapa V descobriremos como a programação linear pode ser aplicada na resolução de problemas de redes e transportes, finalizando com o tratamento de modelos através da programação não-linear.

### Preliminares

Uma **organização** nada mais é do que um conjunto de sistemas.

Um **sistema** é um conjunto de *componentes* que atuam e interagem entre si com a finalidade de alcançar determinado objetivo.

Dadas as constantes mudanças ocorridas no ambiente, o dia-a-dia das organizações é marcado pela necessidade de realizar *investigações* em seus sistemas, procurando obter informações sobre os relacionamentos existentes entre as *variáveis* que os compõem no sentido de prever seus futuros desempenhos sob as novas condições.

Como fazer isto usando um **método científico**:

- Observação
  - Experimentação
  - Raciocínio Matemático
- } investigações
- } Relacionamentos entre as variáveis no sentido de prever seus futuros desempenhos sob novas condições, isto é descobrir as leis que governam os sistemas para tomadas de decisões

A resposta é a Pesquisa Operacional (P.O.)

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

3

### Pesquisa Operacional

É um segmento da ciência administrativa (*Management Sciences*) que fornece instrumentos para analisar e tomar a melhor decisão, ou seja, um **método científico para tomada de decisão**

Por exemplo, imagine-se, neste momento, gerente geral de uma pequena agência bancária em sua cidade. Você conta, atualmente, com um caixa para atender às necessidades dos clientes e mais cinco máquinas de auto-serviço no saguão de entrada. Porém, a recente exigência do Programa de Orientação e Proteção do Consumidor (PROCON) com relação ao tempo máximo de 15 minutos para espera nas filas da agência, levou você a uma reflexão sobre uma possível necessidade de adequação a este novo cenário

Qual seria sua melhor decisão nesta situação? Aumentar a quantidade de caixas ou máquinas de auto-atendimento para evitar uma espera excessiva dos clientes nas filas? Ou aguardar até que o primeiro cliente entre com um processo no PROCON?

Neste momento entra em ação a Pesquisa Operacional dotando o tomador da decisão de instrumentos racionais e até científicos para escolher uma alternativa eficiente e eficaz. A P.O. nos mostrará, por exemplo, se existe ou não a necessidade de reestruturação do atendimento no nosso banco, buscando apresentar a situação com base em dados presentes de forma a auxiliar na projeção de cenários bem próximos da realidade.

O que é P.O.?

Exemplo

O que você faria?

Prá que serve a P.O.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

4

### Tomada de Decisão

É basicamente um processo de identificação de um **problema** ou **oportunidade** para selecionar uma linha de ação que o resolva. Portanto:

O que é?

Um **problema** ocorre quando o estado atual de uma situação for diferente do estado desejado;

Problema

Já uma **oportunidade** acontece quando o contexto oferece a chance de ultrapassar os objetivos e/ou metas que foram estabelecidos

Oportunidade

Um processo de tomada de decisão é normalmente seqüencial e complexo, sendo muitas vezes fruto de pequenas decisões em sistemas inter-relacionados, com uma grande diversidade de interesses e objetivos. Envolve ainda valores subjetivos, já que a decisão é atribuída aos executivos das empresas, que utilizam, por diversas vezes, a intuição e a experiência para resolver as questões do dia-a-dia.

Como é o processo



Dentre os vários fatores que afetam uma tomada de decisão, podemos destacar, segundo Lachtermacher (2002):

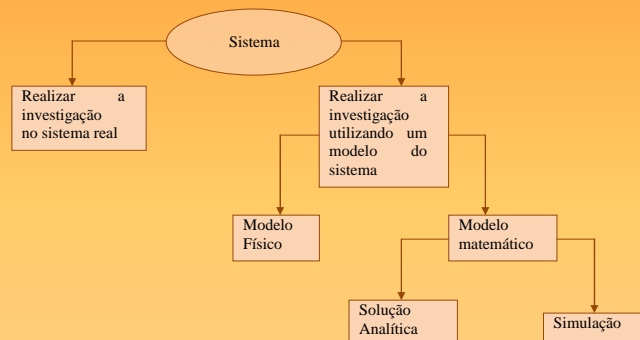
- Tempo disponível para a tomada de decisão; A importância da decisão;
- O ambiente;
- Certeza/incerteza e risco;
- Agentes decisórios;
- Conflito de interesses;



Fatores que afetam a tomada de decisão

Portanto, acabamos de entender que decisões não podem ser tomadas de forma aleatória. Se utilizarmos apenas a intuição ao decidir o melhor caminho para a nossa agência bancária, por exemplo, teremos um risco muito maior de errar na escolha. Para melhorar as chances de acerto, veremos adiante como a modelagem pode nos ajudar a encontrar a melhor saída.

Estas investigações (ou estudos) de um sistema podem ser efetuadas através de observações no sistema real ou utilizando um modelo que o represente.



### Modelos

Um **modelo** é uma representação simplificada da realidade, cujo propósito é permitir a compreensão do sistema e prever seu comportamento sob determinadas condições.

## MODELAGEM

### Por que criamos os modelos?

Em alguns casos, é possível alterar o sistema real e operá-los sob as novas condições. Todavia, raramente isso é viável, dados os custos envolvidos e os impactos sobre seu funcionamento. Em muitas situações, o sistema ainda não existe e necessita-se estudar suas diversas alternativas de configuração. Por esses motivos, na maioria das vezes, um modelo que represente o sistema é construído e estudado.

Para entendermos melhor o conceito de modelagem, voltaremos para o nosso exemplo do banco, onde você é responsável pela gestão. O conjunto complexo de todas as variáveis existentes no dia-a-dia de trabalho implica na criação de várias hipóteses que dificultam muito a análise do problema.

Para simplificar, escolhemos dentre estas diversas variáveis ambientais, aquelas que mais influenciam o caso que estamos analisando: o tempo de permanência do cliente nas filas. A figura, a seguir, mostra como são feitos a criação e o processamento de um modelo para que possa virar uma decisão gerencial:



24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

7

## TIPOS DE MODELOS

Na realidade, podemos ter três tipos de modelos: *físicos*, *análogos* e *simbólicos* (matemáticos). Os **modelos físicos**, mais utilizados na engenharia, são os protótipos que simulam o funcionamento de aeronaves, por exemplo. Os **modelos análogos** são representações da realidade em gráficos ou esquemas, tal como o marcador de carga de um celular. Já os **simbólicos ou matemáticos**, serão assuntos de nossos estudos e, normalmente, são representados por *variáveis de decisão*, configuradas através de expressões matemáticas ou modelos probabilísticos.

Estudaremos durante esta etapa do curso as *técnicas de modelagem simbólicas* mais praticadas e importantes no universo da gestão: simulação, programação linear e programação não-linear. No nosso exemplo do banco, usaremos uma das técnicas da simulação para buscar uma análise mais detalhada.

As técnicas de modelagens simbólicas que estudaremos

Segundo o Aurélio, simular é:

- Fingir
- Representar com semelhança
- Disfarçar

Para nós:

- Imitar um problema real através de um modelo e conduzir experimentos com este modelo.
- Experimentação numérica com modelos lógico-matemáticos, usando computador.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

8

## SIMULAÇÃO

### Soluções do Modelo Matemático ou Simbólico

Podem ser *analítica* ou por meio de *simulação*.

**Solução analítica** = quando for possível desenvolver um raciocínio matemático e determinar os valores das variáveis envolvidas. Por exemplo, supondo o ativo = 100, o passivo = 50, então podemos calcular o valor do PL:

$$\text{Ativo} = \text{Passivo} + \text{PL} \Rightarrow 100 = 50 + \text{PL} \Rightarrow \text{PL} = 50$$

Se os valores do ativo e do passivo não forem conhecidos, é necessário buscar a solução através da **simulação**. O **objetivo** da simulação é descrever a distribuição e características dos possíveis valores da variável dependente Y, depois de determinados os possíveis valores e comportamentos das variáveis independentes  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ .

Diferentemente da programação linear, que é uma técnica de otimização, a **simulação** não determina a *solução ótima*. Ela torna possível, pelo exame dos experimentos, a realização de inferências sobre o comportamento do sistema que, em geral, são probabilísticas, dado que as observações realizadas representam apenas uma amostra do conjunto total das observações.

Vamos agora para uma das técnicas de simulação.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

9

## Por que Simular?

- Proporciona melhor compreensão sobre a natureza de um processo.
- Identifica problemas específicos ou áreas problemáticas dentro de um sistema.
- Desenvolve políticas ou planos específicos para um processo.
- Testa novos conceitos e/ou sistemas antes de sua implementação.
- Representa uma “apólice de seguros” quanto ao desempenho futuro do sistema.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

10

## A Simulação

- Permite avaliar a operação de um sistema novo, **sem precisar construí-lo**, ou de um sistema já existente, **sem perturbá-lo**, sob uma variedade de condições.
- Permite compreender como os vários componentes de um sistema interagem entre si e sua influência no desempenho global do sistema.

## Restrições

- Permite avaliar a operação de um sistema novo, **sem precisar construí-lo**, ou de um sistema já existente, **sem perturbá-lo**, sob uma variedade de condições.
- Permite compreender como os vários componentes de um sistema interagem entre si e sua influência no desempenho global do sistema.

## Metodologia em crescente utilização

- Maior complexidade dos problemas estudados
- Maior disponibilidade de recursos computacionais
- Novas tecnologias de modelagem e programação (recursos gráficos)
- Flexibilidade de modelagem
- Modelagem evolutiva
- Respostas rápidas

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

11

## TÉCNICA DE SIMULAÇÃO – Geração de Eventos Aleatórios

Consideremos uma empresa de varejo, do ramo farmacêutico, que deseja *simular* sua demanda diária de determinado item do estoque: *vitamina C*.

Para tanto, é preciso, inicialmente, que se identifiquem as freqüências relativas das demandas diárias, o que pode ser feito através do exame dos dados históricos das vendas do produto.

### EXPERIMENTAÇÃO

Primeiro, consideremos que o relatório das vendas nos últimos 100 dias tenha apontado o seguinte comportamento para a demanda diária de frascos de vitamina C, conforme a Tabela 01.

Demanda diária (Número de frascos)	Freqüência (Número de dias)
10	30
11	30
12	40
Total	100

Tabela 01 – Distribuição de freqüência da demanda diária de frascos de vitamina C.

Com base nesses dados, podemos construir a distribuição de freqüências relativas apresentada na Tabela 02, dividindo a freqüência de cada observação pelo número total de observações.

Demanda diária (Número de frascos)	Freqüência relativa
10	0,30
11	0,30
12	0,40
Total	1,00

Tabela 02 – Freqüências relativas das demandas diárias de vitamina C.

Como é possível **simular** a ocorrência da demanda de vitamina C, obedecendo às **freqüências relativas** apresentadas na Tabela 02?

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

12

### TÉCNICA DE SIMULAÇÃO – Geração de Eventos Aleatórios – Jeito #01

É fácil gerar números aleatórios de cabeça?

1. Cada estudante deve anotar um número entre 0 e 9 em um pedaço de papel.
2. Qual o número que **mais ocorreu?**

Como produzir números aleatórios ?

Dispositivos físicos (Ex. dados, roleta, moeda etc.)

Tabela de números aleatórios (livros)

Processos matemáticos

No Excel: `"=ALEATORIO()"` (gera um número aleatório maior ou igual a 0 e menor do que 1)



Uma outra forma ainda, seria colocar 100 bolinhas em uma urna e numerá-las com as demandas diárias, respeitando as freqüências relativas. Trinta bolinhas seriam marcadas com o número 10, outras 30 com o número 11 e as 40 restantes com o número 12. Cada vez que retirássemos uma bola da urna, ao acaso, estaríamos simulando a demanda de vitamina C.

## Modelo de Computador

- Modelo de Computador é um conjunto de relações matemáticas e hipóteses lógicas implementadas em computador como uma representação de um problema real de tomada de decisão.
- Durante a última década foi observado que uma das maneiras mais efetivas de se resolver problemas de negócios consiste na utilização de modelos de computador baseados em planilhas eletrônicas.

### TÉCNICA DE SIMULAÇÃO – Geração de Eventos Aleatórios – Jeito #02

Através da *geração de números aleatórios*, que é bastante facilitada com o uso de planilhas eletrônicas, que, em regra, trazem uma função já programada para essa tarefa. No nosso exemplo da empresa do ramo farmacêutico, a simulação da demanda de vitamina C será feita usando a planilha eletrônica Excel.

O primeiro passo é elaborar uma tabela com frequências acumuladas, a partir da tabela de frequências relativas. Assim,

Tabela 03 – Tabela de distribuição de frequências acumuladas e número de dígitos.

Demanda diária (Número de frascos)	Frequência relativa	Frequência acumulada	Número de dígitos
10	0,30	0,30	01 a 30
11	0,30	0,60	31 a 60
12	0,40	1,00	61 a 100
Total	1,00		

Foi também acrescentada uma coluna denominada “número de dígitos”, que leva em conta as frequências relativas de cada uma das demandas diárias.

Se fossem bolinhas numa urna, ao invés de marcarmos 30 bolinhas com o número 10 marcaríamos as bolinhas com números de 01 a 30. Sempre que fosse retirada uma bolinha, ao acaso, com a numeração compreendida entre 01 e 30, corresponderia à demanda de 10 frascos de vitamina C. Sempre que fosse retirada uma bolinha, ao acaso, com numeração compreendida entre 31 e 60, corresponderia à demanda de 11 frascos, e assim por diante.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

15

### TÉCNICA DE SIMULAÇÃO – Geração de Eventos Aleatórios – Jeito #02 – Cont..

Em seguida, com os dados da Tabela 03, devemos elaborar uma planilha, como a apresentada na Figura 01. Figura 01 – Planilha para simulação de demandas de vitamina C usando o Excel

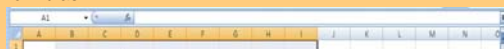
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Número de Dígitos	Demanda						
3									
4		1	30	10					
5		31	60	11					
6		61	100	12					
7									
8									
9		Experimentos	Demanda						
10									
11		1							
12		2							
13		3							
14		4							
15		5							
16									

A geração de números aleatórios será feita com base nos dados contidos na primeira tabela da figura. Assim, no experimento fazemos o Excel gerar um número aleatório (entre 1 e 100) e **buscar** a demanda correspondente na Tabela 01. Para conseguir isso, utilizaremos uma função embutida de procura do Excel, denominada **PROCV**.

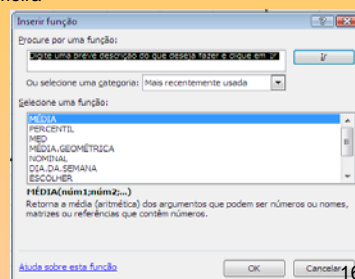
Mãos à obra. Posicione o cursor na célula **C11**, onde será feita a primeira simulação de experimento.

COMO ACESSAR A FUNÇÃO PROCV?

Com o cursor em **C11**, clique no botão **Inserir Função** na Barra de Fórmulas:



Isto fará aparecer a caixa de diálogo abaixo:



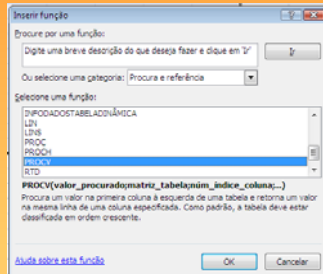
24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

16

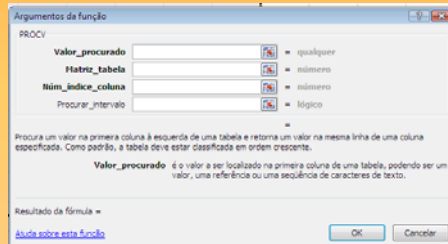
## TÉCNICA DE SIMULAÇÃO – Geração de Eventos Aleatórios – Jeito #02 – Cont..

Selecione a categoria *Procura e referência* e na caixa de listagem **Selecione uma função**: selecione PROCV. Assim

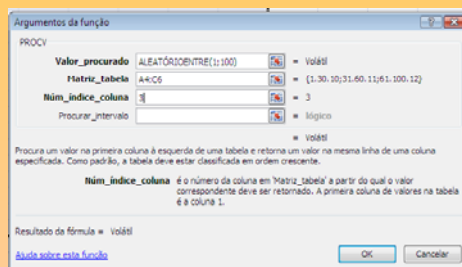


Como podemos ver nesta caixa de diálogo, a função PROCV procura um valor na primeira coluna à esquerda de uma tabela e retorna um valor na mesma linha numa coluna especificada. Como padrão, a tabela deve estar classificada em ordem crescente.

Clicando o botão OK, surge a caixa de diálogo abaixo:



Uma vez acessada a função e a caixa de diálogo Argumentos da função, vamos preencher os campos como mostra a Figura 02 ao lado:



24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

17

## TÉCNICA DE SIMULAÇÃO – Geração de Eventos Aleatórios – Jeito #02 – Cont..

À medida que clicamos e cada uma das caixas de entrada para fornecer os argumentos da função PROCV, podemos observar a explicação do argumento. Nesta figura 02, o cursor está posicionado na caixa correspondente ao **Núm\_índice\_coluna** e, então, vemos a sua explicação na parte inferior da caixa de diálogo.

Observe também que ao lado da caixa de entrada vão aparecendo os valores e que em **Valor\_procurado** aparece *Volátil*. Isto porque o número é aleatório.

A função PROCV trata os valores da primeira coluna de uma tabela como intervalos. Em nosso exemplo, como procuramos um número aleatório entre 1 e 100, e os valores contidos na primeira coluna da tabela são 1, 31 e 61, são considerados os intervalos: 1 a 30; 31 a 60; e 61 a 100. Isto pode ser verificado entre chaves à direita da caixa de entrada **Matriz\_tabela**. {1.30.10;31.60.11;61.100.12}. Caso um número sorteado pertença ao primeiro desses intervalos – número 18, por exemplo -, o resultado da procura indicará uma demanda de 10; caso se sorteie o número 58, a demanda será de 11; e assim por diante.

A célula que contém a fórmula com a função de procura (C11) pode ser copiada de maneira a serem realizados tantos experimentos quanto desejados. Em nosso exemplo, realizamos um total de cinco experimentos, obtendo os resultados apresentados na Figura 03. Vale lembrar que, caso você elabore uma planilha idêntica a esta, dificilmente chegará aos mesmos resultados, pois toda vez que a função ALEATÓRIOENTRE() for utilizada, o Excel gerará números diferentes.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

18

### TÉCNICA DE SIMULAÇÃO – Geração de Eventos Aleatórios – Jeito #02 – Cont..

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Número de Dígitos		Demanda						
3									
4	1	30	10						
5	31	60	11						
6	61	100	12						
7									
8									
9	Experimentos		Demanda						
10									
11	1		11						
12	2		12						
13	3		11						
14	4		12						
15	5		11						
16									

Figura 03 - Experimentos de simulação da demanda de frascos de vitamina C.

Ao arrastar para copiar a fórmula da célula **C11** para as outras abaixo (**C12:C15**) devemos dolarizar as entradas da **Matriz\_tabela**. Assim, devemos entrar com **\$A\$4:\$C\$6** na caixa de entrada, caso contrário, aparecerá um erro indesejável.

Este exemplo permite ilustrar como é possível criar fórmulas no Excel para simular a ocorrência de eventos aleatórios. É importante destacar, nesse sentido, que já existem fórmulas previamente definidas com vistas à modelagem de eventos que seguem determinados tipos de distribuições de probabilidades. Introduzimos a discussão sobre esse tipo de modelagem através do exemplo 02 abaixo, onde é empregado outro recurso do Excel bastante utilizado na geração de eventos aleatórios: a ferramenta de Análise de Dados *Geração de Número Aleatório*.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

19

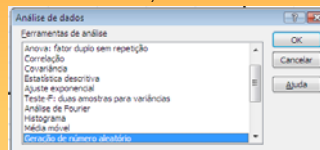
### TÉCNICA DE SIMULAÇÃO – Geração de Eventos Aleatórios – EXEMPLO2

Consideremos que o *controller* da Faça Rápido Empreendimentos Ltda. está realizando uma **simulação** para investigar o possível comportamento do **lucro** da empresa nos próximos 12 meses. Para tanto, precisa gerar números aleatórios para a variável **vendas**, sabendo que esta tem o comportamento de uma *distribuição normal*, com média \$ 10.000,00 e desvio padrão \$ 800,00. Dada sua experiência em Excel, o *controller* realiza rapidamente a geração de 20 números aleatórios para a variável **vendas**, conforme os seguintes passos:

1. Na guia **Dados** seleccione no grupo **Análise** a ferramenta **Análise de Dados**, clicando nela.



Isto fará aparecer a caixa de diálogo **Análise de dados** ao lado:



Escolha Geração de número aleatório e, a seguir, aperte o botão OK.

2. Aparecerá agora uma nova caixa de diálogo a ser preenchida com as informações requeridas, como demonstra a Figura 04 abaixo:

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

20

### TÉCNICA DE SIMULAÇÃO – Geração de Eventos Aleatórios – EXEMPLO2

- **Número de variáveis:** deve ser inserido o número de colunas de valores que se deseja na tabela de saída. É digitado o número 1, pois queremos gerar números aleatórios apenas para a variável vendas;
- **Número de números aleatórios:** deve ser inserido o número de pontos de dados que se deseja visualizar. É digitado o número 20, que representa a quantidade de números aleatórios que queremos gerar para a variável vendas;
- **Distribuição:** deve ser selecionado o tipo de distribuição da variável para a qual se deseja criar valores randômicos. Pode ser uniforme, normal, Bernoulli, binomial, Poisson, padronizada, discreta. É selecionada a distribuição normal e digitados os parâmetros já conhecidos: média \$ 10.000 e desvio padrão \$ 800;

• **Semente aleatória:** permite que seja inserido um valor opcional com base no qual os números randômicos serão gerados. Esse recurso é utilizado quando desejamos produzir os mesmos números randômicos posteriormente. Esse procedimento torna-se muito importante numa pesquisa, pois permite que o próximo pesquisador chegue ao mesmo resultado, embora os números sejam aleatórios;

• **Opções de saída:** indicar uma das opções existentes. No exemplo, escolhemos "intervalo de saída" e indicamos a célula A2, com base na qual os números selecionados devem ser apresentados. A Figura 05 mostra os valores assim calculados.

24/05/09
Métodos Quantitativos - Bertolo
21

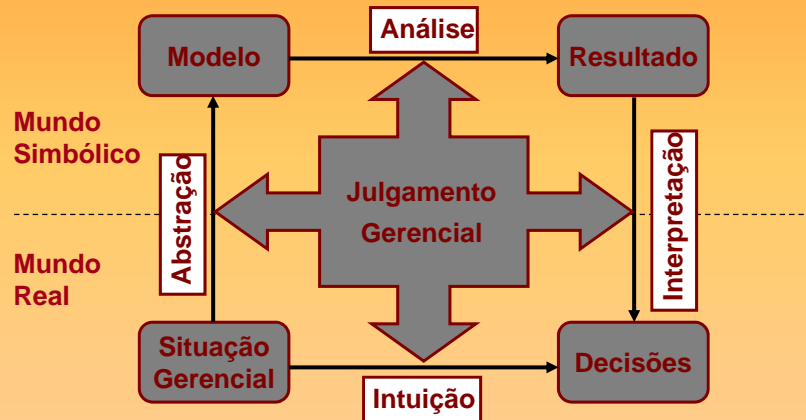
### TÉCNICA DE SIMULAÇÃO – Geração de Eventos Aleatórios – EXEMPLO2

	A	B	C	D	E	F	G
1	Vendas						
2	7582						
3	10128						
4	9307						
5	10699						
6	10172						
7	9960						
8	9692						
9	11007						
10	10741						
11	10531						
12	9250						
13	10860						
14	10444						
15	10027						
16	9590						
17	8264						
18	8934						
19	9723						
20	9162						
21	9224						
22							
23							

Figura 05 – Valores das simulações das vendas.

24/05/09
Métodos Quantitativos - Bertolo
22

## Processo de Modelagem



24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

### EXEMPLO DO BANCO – Aquele antigo

Voltando novamente ao caso do banco, definiremos o modelo de simulação a ser utilizado, através da coleta de informações em uma observação direta do processo durante um período de 2 dias. Na medição, você notou, primeiramente, que o intervalo entre as chegadas dos clientes no caixa para serem atendidos, bem como também o tempo de atendimento de cada cliente, seguia uma *distribuição de freqüência* como descritos, a seguir:

Tempo entre as chegadas	Ocorrências	Tempo de atendimento	Ocorrências
00:05	14	00:03	11
00:07	32	00:06	19
00:08	26	00:07	28
00:10	18	00:09	27
00:12	10	00:11	15

Fazendo medições

Aprenderemos, agora, como utilizar estas informações para montar o nosso modelo para ajudar na tomada de decisão quanto à necessidade ou não de contratação em nossa agência bancária.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

24

## O MÉTODO DE MONTE CARLO

Desenvolvida por um matemático chamado John Von Neumann, durante a 2ª Guerra Mundial, foi utilizado para resolver problemas de *física* que eram muito complexos ou caros para analisar através de modelos físicos. A simulação de Monte Carlo passou a ser utilizada, mais tarde, como ferramenta de gestão, e tem como principal base a *experimentação probabilística de elementos*. Usaremos, a seguir, técnica de modelagem conhecida como Método de Monte Carlo, baseada em cinco passos básicos:

### 1. Estabelecendo as distribuições probabilísticas

Uma forma comum de estabelecer uma distribuição probabilística para uma dada variável é examinar os seus valores históricos. A probabilidade, ou frequência relativa, para cada resultado possível, é a divisão de cada resultado possível pelo número de observações totais realizado. No nosso caso, então, teremos que as tabelas ficam da seguinte forma:

$$Prob = \frac{\text{Ocorrência}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de observações}}$$



Tempo entre as chegadas	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Tempo de atendimento	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência
00:05	14	14÷100 = 0,14	00:05	11	11÷100 = 0,11
00:07	32	32÷100 = 0,32	00:06	19	19÷100 = 0,19
00:08	26	26÷100 = 0,26	00:08	28	28÷100 = 0,28
00:10	18	18÷100 = 0,18	00:10	27	27÷100 = 0,27
00:12	10	10÷100 = 0,10	00:12	15	15÷100 = 0,15
100			100		

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

25

## O MÉTODO DE MONTE CARLO - Continuação

### 2. Construindo a distribuição probabilística acumulada

Para cada uma das variáveis descritas anteriormente, calcularemos as distribuições acumuladas, somando o valor da frequência relativa da variável atual com o somatório anterior, assim:

Tempo entre as chegadas	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade acumulada
00:05	14	0,14	0 + 0,14 = 0,14
00:07	32	0,32	0,14 + 0,32 = 0,46
00:08	26	0,26	0,46 + 0,26 = 0,72
00:10	18	0,18	0,72 + 0,18 = 0,90
00:12	10	0,10	0,90 + 0,10 = 1,00
100			

Tempo de atendimento	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade acumulada
00:05	11	0,11	0 + 0,11 = 0,11
00:06	19	0,19	0,11 + 0,19 = 0,30
00:08	28	0,28	0,30 + 0,28 = 0,58
00:10	27	0,27	0,58 + 0,27 = 0,85
00:12	15	0,15	0,85 + 0,15 = 1,00
100			

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

26

### O MÉTODO DE MONTE CARLO - Continuação

#### 3. Definindo um intervalo de números aleatórios para cada variável

Uma vez estabelecidas as probabilidades acumuladas, iremos atribuir um conjunto de números para representar cada valor ou resultado possível. Estes conjuntos são chamados de *intervalos de números aleatórios*, definidos a partir das probabilidades acumuladas encontradas no passo anterior. Vejamos, no nosso exemplo da agência bancária, como é calculado:

Tempo entre as chegadas	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade acumulada	Intervalo de números aleatórios
00:05	14	0,14	0,14	1 a 14
00:07	32	0,32	0,46	15 a 46
00:08	26	0,26	0,72	47 a 72
00:10	18	0,18	0,90	73 a 90
00:12	10	0,10	1,00	91 a 100

Tempo de atendimento	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade acumulada	Intervalo de números aleatórios
00:05	11	0,11	0,11	1 a 11
00:06	19	0,19	0,3	12 a 30
00:08	28	0,28	0,58	31 a 58
00:10	27	0,27	0,85	59 a 85
00:12	15	0,15	1	86 a 100
<b>100</b>				

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

27

### O MÉTODO DE MONTE CARLO - Continuação

#### 4. Gerando os números aleatórios

Os números aleatórios podem ser gerados para problemas de simulação de várias formas. Se um problema é muito grande e o processo estudado envolve diversas tentativas de simulação, usamos planilhas eletrônicas e programas especializados para esta finalidade.

Forma Eletrônica

Se a simulação tiver que ser feita manualmente, assim como estamos fazendo neste momento, você pode utilizar uma tabela de dígitos aleatórios, como a que apresentamos, a seguir:

Forma Manual

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

28

### O MÉTODO DE MONTE CARLO - Continuação

82	31	30	65	35	62	41	77	99	78	25	70	62	92	03	75	74	99
10	55	24	17	41	47	72	09	46	77	13	70	83	47	43	05	95	29
30	30	75	96	75	09	75	26	70	48	16	09	07	81	20	55	48	11
54	41	38	01	89	98	39	84	93	90	22	57	15	77	05	14	22	95
72	22	75	44	24	11	92	45	60	05	26	25	45	76	64	59	92	33
94	64	18	24	44	26	92	05	41	36	74	75	91	66	72	87	05	20
26	49	27	59	57	72	70	94	58	98	49	25	37	28	96	47	47	36
07	36	60	05	51	60	95	33	42	45	65	28	13	08	45	35	92	52
33	26	92	13	38	81	59	43	22	24	47	53	63	77	89	12	37	40
38	97	33	47	59	36	17	35	86	11	75	40	81	94	64	52	15	51
89	79	08	36	44	36	39	61	79	11	77	87	19	38	43	87	15	56
20	48	53	46	76	40	97	05	13	87	02	63	71	73	93	93	36	81
70	09	75	36	86	56	01	83	75	23	37	63	86	67	30	58	55	14
99	87	69	60	18	80	68	25	46	50	63	65	70	59	11	93	34	65
60	94	91	54	74	90	64	57	13	60	75	86	17	50	88	71	28	51
01	88	02	71	60	42	33	62	85	75	34	76	95	89	25	52	22	13
22	09	33	44	17	07	60	35	81	73	97	32	93	11	50	94	55	29
40	38	59	56	63	31	15	31	40	07	41	20	80	53	55	41	35	74
42	12	32	13	47	95	32	09	32	25	25	82	12	65	90	17	26	27
99	07	73	13	40	47	00	13	93	11	64	77	57	61	19	75	57	56
77	30	96	10	92	26	16	73	59	07	98	46	06	99	78	27	22	27
33	10	97	87	10	17	28	47	79	00	42	89	03	33	25	95	51	72
85	15	68	54	26	52	36	64	21	08	54	94	33	92	26	88	60	12
45	96	84	71	77	63	54	71	58	51	28	13	77	44	85	07	97	01
63	46	32	92	39	48	68	77	83	98	37	00	90	95	88	55	51	03

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

29

### O MÉTODO DE MONTE CARLO - Continuação

#### 5. Simulando o experimento

Podemos simular a situação do atendimento na agência do nosso banco, utilizando os *números aleatórios* da Tabela 01. Vamos gerar, aleatoriamente, números para duas situações, no caso do nosso estudo:

- 1-) chegada à fila do caixa e
- 2-) tempo total de atendimento para cada cliente.

Você pode iniciar por qualquer número da tabela, mas, para exemplificar, pegaremos os números da primeira coluna para medir o tempo de chegada dos clientes e os da terceira coluna para medir o tempo de atendimento.

Situação 01

Situação 02

Cliente	Situação 01		Situação 02	
	Número Aleatório	Intervalo de chegada	Número Aleatório	Tempo de atendimento
1	82	00:10	30	00:06
2	10	00:05	24	00:06
3	30	00:07	75	00:10
4	54	00:08	38	00:08
5	72	00:08	75	00:10

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

30

### O MÉTODO DE MONTE CARLO - Continuação

Critérios usados para encontrar as 3 variáveis:

1ª – horário de chegada do cliente

2ª – Início do atendimento

3ª – Final do atendimento

Para sabermos se existe e qual é o tempo *médio* das filas, devemos criar uma planilha que simule a realidade com as informações que temos no momento. Portanto, devemos calcular os horários em que o cliente chega ao banco, quando inicia o atendimento, bem como também quando é liberado, para que permita ao caixa atender outra pessoa. Lembrando que estas variáveis podem ser calculadas utilizando os seguintes critérios:

- **chegada ao banco:** hora da última chegada de um cliente adicionada ao tempo de intervalo calculado, usando a tabela de números aleatórios;
- **início do atendimento:** é igual à hora final de atendimento do cliente anterior;
- **tempo de fila:** diferença entre a hora de início do atendimento e a chegada ao banco;
- **final do atendimento:** adiciona o tempo de atendimento calculado na geração de números aleatórios com a hora de início de atendimento.

Critérios usados para encontrar as 3 variáveis:

1ª – horário de chegada do cliente

2ª – Início do atendimento

3ª – Final do atendimento

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

31

### O MÉTODO DE MONTE CARLO - Continuação

Cliente	Número Aleatório	Intervalo de chegada	Chegada no banco	Início de atendimento	Tempo na fila	Número Aleatório	Tempo de atendimento	Final de atendimento
1	82	00:10	10:10	10:10	00:00	30	00:06	10:16
2	10	00:05	10:15	10:16	00:01	24	00:06	10:22
3	30	00:07	10:22	10:22	00:00	75	00:10	10:32
4	54	00:08	10:30	10:32	00:02	38	00:08	10:40
5	72	00:08	10:38	10:40	00:02	75	00:10	10:50
6	94	00:12	10:50	10:50	00:00	18	00:06	10:56
7	26	00:07	10:57	10:57	00:00	27	00:06	11:03
8	7	00:05	11:02	11:03	00:01	80	00:10	11:13
9	33	00:07	11:09	11:13	00:04	92	00:12	11:25
10	38	00:07	11:16	11:25	00:09	33	00:08	11:33
11	89	00:10	11:26	11:33	00:07	8	00:05	11:38
12	20	00:07	11:33	11:38	00:05	53	00:08	11:46
13	70	00:08	11:41	11:46	00:05	75	00:10	11:56
14	89	00:12	11:53	11:56	00:03	89	00:10	12:06
15	60	00:08	12:01	12:06	00:05	91	00:12	12:18
16	1	00:05	12:06	12:18	00:12	2	00:05	12:23
17	22	00:07	12:13	12:23	00:10	33	00:08	12:31
18	40	00:07	12:20	12:31	00:11	59	00:08	12:39
19	42	00:07	12:27	12:38	00:12	32	00:00	12:47
20	99	00:12	12:39	12:47	00:08	73	00:10	12:57
21	77	00:10	12:49	12:57	00:08	96	00:12	13:09
22	33	00:07	12:56	13:09	00:13	97	00:12	13:21
23	85	00:10	13:06	13:21	00:15	88	00:10	13:31
24	45	00:07	13:13	13:31	00:18	84	00:10	13:41
25	63	00:08	13:21	13:41	00:20	32	00:08	13:49
Média		00:08:02			00:06:50		00:08:43	

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

32

### O MÉTODO DE MONTE CARLO - Continuação

Observamos que, apesar do tempo médio de espera na fila ser menor que 7 minutos, perto de uma hora da tarde, o tempo aumentou significativamente, chegando a passar limite máximo exigido pelo PROCON de 15 minutos. Outro ponto importante observado é que o tempo médio de atendimento é ligeiramente maior que o de chegada dos clientes, propiciando uma situação de esperas em filas ao longo do dia.

É importante que você considere, ao tomar sua decisão, que um número tão reduzido de tentativas em uma simulação, pode trazer distorções em relação ao tempo médio real esperado de chegada e atendimento. Para isso, é indicado fazer várias simulações com o auxílio de planilhas eletrônicas, encontrando, posteriormente, a média dos tempos médios de cada simulação, visando estabilizar os números do estudo e conseguir um retorno adequado das condições simuladas.

Quando optamos por uma quantidade maior de experimentos, fazemos com que a média das variáveis simuladas se aproxime do valor esperado calculado através da estatística. De qualquer forma, é importante mostrar a você que é necessariamente mais seguro tomar decisões sobre a contratação ou não de mais um funcionário, bem como de melhorar um processo de atendimento, utilizando informações mais precisas, e não apenas a sua intuição de gestão.

A resposta para o nosso exemplo é: a ampliação da gama de serviços oferecidos pelos caixas eletrônicos, ou até uma melhoria no processamento das operações feitas no caixa pode contribuir para a redução no tempo de atendimento e, conseqüentemente, no tempo de espera nas filas.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

33

### O MÉTODO DE MONTE CARLO – No Excel – Exemplo do Banco

Tomando como exemplo o caso do banco resolvido manualmente, vamos agora resolvê-lo com o apoio do Excel.

Durante 2 dias as medidas seguiam a distribuição de freqüência seguinte:

	A	B	C	D	E	F
1	Tempo entre as chegadas	Ocorrências			Tempo de atendimento	Ocorrências
2	00:05	14			00:05	11
3	00:07	32			00:06	19
4	00:08	26			00:08	28
5	00:10	18			00:10	27
6	00:12	10			00:12	15

Monte uma planilha como esta.

A seguir construa as colunas de distribuição de probabilidades. Assim:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Tempo entre as chegadas	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência		Tempo de atendimento	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	
2	00:05	14	0,14	$\leftarrow=B2/SB\$7$	00:05	11	0,11	$\leftarrow=F2/SF\$7$
3	00:07	32	0,32	$\leftarrow=B3/SB\$7$	00:06	19	0,19	$\leftarrow=F3/SF\$7$
4	00:08	26	0,26	$\leftarrow=B4/SB\$7$	00:08	28	0,28	$\leftarrow=F4/SF\$7$
5	00:10	18	0,18	$\leftarrow=B5/SB\$7$	00:10	27	0,27	$\leftarrow=F5/SF\$7$
6	00:12	10	0,10	$\leftarrow=B6/SB\$7$	00:12	15	0,15	$\leftarrow=F6/SF\$7$
7	Soma	100	$\leftarrow=SOMA(B2:B6)$		Soma	100	$\leftarrow=SOMA(F2:F6)$	

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

34

**O MÉTODO DE MONTE CARLO – No Excel – Exemplo do Banco**

2. Construa a distribuição probabilística acumulada.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Tempo entre as chegadas	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade Acumulada		Tempo de atendimento	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade Acumulada
2	00:05	14	0,14	0,14		00:05	11	0,11	0,11
3	00:07	32	0,32	0,46		00:06	19	0,19	0,30
4	00:08	26	0,26	0,72		00:08	28	0,28	0,58
5	00:10	18	0,18	0,90		00:10	27	0,27	0,85
6	00:12	10	0,10	1,00		00:12	15	0,15	1,00
7	Soma	100				Soma	100		

3. Definindo um intervalo de números aleatórios para cada variável

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Tempo entre as chegadas	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade Acumulada	Intervalo de números aleatórios					
2	00:05	14	0,14	0,14	0 até 14	<=<=CONCATENAR(0;" até ";"D2*100)				
3	00:07	32	0,32	0,46	15 até 46	<=<=CONCATENAR(D2*100+1;" até ";"D3*100)				
4	00:08	26	0,26	0,72	47 até 72	<=<=CONCATENAR(D3*100+1;" até ";"D4*100)				
5	00:10	18	0,18	0,90	73 até 90	<=<=CONCATENAR(D4*100+1;" até ";"D5*100)				
6	00:12	10	0,10	1,00	91 até 100	<=<=CONCATENAR(D5*100+1;" até ";"D6*100)				
7	Soma	100								
8										
9										
10	Tempo de atendimento	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade Acumulada	Intervalo de números aleatórios					
11	00:05	11	0,11	0,11	0 até 11	<=<=CONCATENAR(0;" até ";"D11*100)				
12	00:06	19	0,19	0,30	12 até 30	<=<=CONCATENAR(D11*100+1;" até ";"D12*100)				
13	00:08	28	0,28	0,58	31 até 58	<=<=CONCATENAR(D12*100+1;" até ";"D13*100)				
14	00:10	27	0,27	0,85	59 até 85	<=<=CONCATENAR(D13*100+1;" até ";"D14*100)				
15	00:12	15	0,15	1,00	86 até 100	<=<=CONCATENAR(D14*100+1;" até ";"D15*100)				

24/05/09

Métodos Quantitativos – Bertolo

35

**O MÉTODO DE MONTE CARLO – No Excel – Exemplo do Banco**

4. Gerando números aleatórios e

5. Simulando o experimento

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Cliente	Número Aleatório	Intervalo de Chegada	Número Aleatório	Tempo de atendimento											
2	1	82	10:00	30	06:00					=N2*100			=L2/\$L\$7			
3	2	10	05:00	24	06:00				1	14	00:05	14	0,14	0,14		
4	3	30	07:00	75	10:00	=J3+1			15	46	00:07	32	0,32	0,46		
5	4	54	08:00	38	08:00				47	72	00:08	26	0,26	0,72	=N3+M4	
6	5	72	08:00	75	10:00				73	90	00:10	18	0,18	0,90		
7									91	100	00:12	10	0,10	1,00		
8											Soma	100				
9									1	11	00:05	11	0,11	0,11		
10									12	30	00:06	19	0,19	0,30		
11									31	58	00:08	28	0,28	0,58		
12									59	85	00:10	27	0,27	0,85		
13									86	100	00:12	15	0,15	1,00		
14											Soma	100				
15																
16																
17																
18																
19																
20																

24/05/09

Métodos Quantitativos – Bertolo

36

**ATIVIDADE 1 – página 21**

Voltemos ao caso da agência de banco que você gerenciou durante os estudos deste roteiro. O que aconteceria com o tempo médio de espera na fila, se, fosse o 5º dia útil do mês, quando a maioria das pessoas vêm fazer o pagamento de suas contas no caixa da agência? Admita, para este caso, que a distribuição de frequências para o tempo entre chegadas dos clientes e do atendimento seguem a tabela, a seguir:

	A	B	C	D	E
1	Tempo entre as chegadas	Ocorrências		Tempo de atendimento	Ocorrências
2	00:04	64		00:05	56
3	00:06	52		00:06	54
4	00:07	36		00:08	38
5	00:09	28		00:10	30
6	00:11	20		00:12	22
7	Soma	200		Soma	200

Usando a mesma linha de números aleatórios proposta no caso anterior e simulando para os mesmos 25 clientes, calcule o tempo médio de espera na fila e diga se a situação ficou pior ou melhor que anteriormente.

**Solução**

	A	B	C	D	E	F	G
2	Tempo entre as chegadas	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência		Tempo de atendimento	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência
3	00:04	64	3,20		00:05	56	2,55
4	00:06	52	2,60		00:06	54	2,45
5	00:07	36	1,80		00:08	38	1,73
6	00:09	28	1,40		00:10	30	1,36
7	00:11	20	1,00		00:12	22	1,00
8	Soma	200		Soma	200		
9			=B7/\$B\$7				=F7/\$F\$7
10							

1. construir as colunas de distribuição de probabilidades

37

**ATIVIDADE 1 – página 21 – Continuação**

38

2. Construa a distribuição probabilística acumulada.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Tempo entre as chegadas	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade acumulada		Tempo de atendimento	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade acumulada
2	00:04	64	0,32	0,32		00:05	56	0,28	0,28
3	00:06	52	0,26	0,58		00:06	54	0,27	0,55
4	00:07	36	0,18	0,76		00:08	38	0,19	0,74
5	00:09	28	0,14	0,90		00:10	30	0,15	0,89
6	00:11	20	0,10	1,00		00:12	22	0,11	1,00
7	Soma	200				Soma	200		
8				=D5+C6					=I5+H6
9									

3. Definindo um intervalo de números aleatórios para cada variável

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Tempo entre as chegadas	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade acumulada	Intervalo de números aleatórios					
2	00:04	64	0,32	0,32	0 até 32	<=<=CONCATENAR(0;" até ";D2*100)				
3	00:06	52	0,26	0,58	33 até 58	<=<=CONCATENAR(D2*100+1;" até ";D3*100)				
4	00:07	36	0,18	0,76	59 até 76	<=<=CONCATENAR(D3*100+1;" até ";D4*100)				
5	00:09	28	0,14	0,90	77 até 90	<=<=CONCATENAR(D4*100+1;" até ";D5*100)				
6	00:11	20	0,10	1,00	91 até 100	<=<=CONCATENAR(D5*100+1;" até ";D6*100)				
7	Soma	200								
8										
9										
10	Tempo de atendimento	Ocorrências	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade acumulada	Intervalo de números aleatórios					
11	00:05	56	0,28	0,28	0 até 28	<=<=CONCATENAR(0;" até ";D11*100)				
12	00:06	54	0,27	0,55	29 até 55	<=<=CONCATENAR(D11*100+1;" até ";D12*100)				
13	00:08	38	0,19	0,74	56 até 74	<=<=CONCATENAR(D12*100+1;" até ";D13*100)				
14	00:10	30	0,15	0,89	75 até 89	<=<=CONCATENAR(D13*100+1;" até ";D14*100)				
15	00:12	22	0,11	1,00	90 até 100	<=<=CONCATENAR(D14*100+1;" até ";D15*100)				
16	Soma	200								

38

**ATIVIDADE 1 – página 21 - Continuação**

4. Gerando números aleatórios e  
5. Simulando o experimento

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Cliente	Número Aleatório	Intervalo de Chegada	Chegada no banco	Início de atendimento	Tempo na fila	Número Aleatório	Tempo de atendimento	Final de atendimento	10:00:00					
2	1	82	00:09	10:09	10:10	00:01	30	00:06	10:16	1	32	00:04	64	0,32	0,32
3	2	10	00:04	10:13	10:16	00:03	24	00:05	10:21	33	58	00:06	52	0,26	0,58
4	3	30	00:04	10:17	10:22	00:05	75	00:10	10:32	59	76	00:07	36	0,18	0,76
5	4	54	00:06	10:23	10:32	00:09	38	00:06	10:38	77	90	00:09	28	0,14	0,90
6	5	72	00:07	10:30	10:40	00:10	75	00:10	10:50	91	100	00:11	20	0,10	1,00
7	6	94	00:11	10:41	10:50	00:09	18	00:05	10:55			Soma	200		
8	7	26	00:04	10:45	10:57	00:12	27	00:05	11:02						
9	8	7	00:04	10:49	11:03	00:14	60	00:08	11:11	1	28	00:05	56	0,28	0,28
10	9	33	00:06	10:55	11:13	00:18	92	00:12	11:25	29	55	00:06	54	0,27	0,55
11	10	38	00:06	11:01	11:25	00:24	33	00:06	11:31	56	74	00:08	38	0,19	0,74
12	11	89	00:09	11:10	11:33	00:23	8	00:05	11:38	75	89	00:10	30	0,15	0,89
13	12	20	00:04	11:14	11:38	00:24	53	00:06	11:44	90	100	00:12	22	0,11	1,00
14	13	70	00:07	11:21	11:46	00:25	75	00:10	11:56			Soma	200		
15	14	99	00:11	11:32	11:56	00:24	69	00:08	12:04						
16	15	60	00:07	11:39	12:06	00:27	91	00:12	12:18						
17	16	1	00:04	11:43	12:18	00:35	2	00:05	12:23						
18	17	22	00:04	11:47	12:23	00:36	33	00:06	12:29						
19	18	40	00:06	11:53	12:31	00:38	59	00:08	12:39						
20	19	42	00:06	11:59	12:39	00:40	32	00:06	12:45						
21	20	99	00:11	12:10	12:47	00:37	73	00:08	12:55						
22	21	77	00:09	12:19	12:57	00:38	96	00:12	13:09						
23	22	33	00:06	12:25	13:09	00:44	97	00:12	13:21						
24	23	85	00:09	12:34	13:21	00:47	68	00:08	13:29						
25	24	45	00:06	12:40	13:31	00:51	84	00:10	13:41						
26	25	63	00:07	12:47	13:41	00:54	32	00:06	13:47						
27			00:06:41	<--MÉDIA(B1:B25)		00:25:55		00:07:48							
28						17 <--=CONT.SE(F2:F26;">=00:15")									
24/05/09	Métodos Quantitativos - Bertolo														39

**ATIVIDADE 2 e 3 – página 22**

A indústria de bolos confeitados DOCE PRESENTE tem sua produção baseada em uma política de capacidade constante de fabricação, ou seja, escolhe produzir durante todo o ano a mesma quantidade mensal de 1100 unidades, que é a sua capacidade máxima de produção. Em função da alta concorrência neste mercado, a empresa tem uma demanda ao longo do ano baseada na seguinte distribuição probabilística

	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	F	G
1	Intervalo Inicial	Intervalo Final	Demanda	Probabilidade	Probabilidade Acumulada	1	Janeiro	Estoque	Produção	Números aleatórios	Demanda	Estoque Final	Venda Perda
2	1	10	900	10%	10%	2	Fevereiro	100	1100	13	1000	200	0
3			1000	18%		4	Março		1100	16			
4			1200	22%		5	Abril		1100	22			
5			1300	25%		6	Mai		1100	26			
6			1500	15%		7	Junho		1100	74			
7			1600	10%		8	Julho		1100	49			
						9	Agosto		1100	65			
						10	Setembro		1100	47			
						11	Outubro		1100	75			
						12	Novembro		1100	77			
						13	Dezembro		1100	2			

Considere, para os cálculos, que a margem de contribuição unitária de cada bolo é R\$ 20,00, e que o custo de estocagem unitário para cada bolo, na câmara fria da indústria, gira em torno de R\$ 3,00.

24/05/09 Métodos Quantitativos - Bertolo 40

**ATIVIDADE 2 – página 23 - Continuação**

Qual a margem de contribuição total que a empresa deixaria de ganhar durante todo o ano por não ter o produto disponível para venda no momento certo?

**SOLUÇÃO**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		Estoque	Produção	Números aleatórios	Demanda	Estoque Final	Venda Perdida			
1										
2	Janeiro	0	1100	25	1000	100	0			
3	Fevereiro	100	1100	13	1000	200	0			
4	Março	200	1100	16	1000	300	0			
5	Abril	300	1100	22	1000	400	0			
6	Maió	400	1100	26	1000	500	0			
7	Junho	500	1100	74	1300	300	0			
8	Julho	300	1100	49	1200	200	0			
9	Agosto	200	1100	65	1300	0	0			
10	Setembro	0	1100	47	1200	0	-100			
11	Outubro	0	1100	75	1300	0	-200			
12	Novembro	0	1100	77	1500	0	-400			
13	Dezembro	0	1100	2	900	200	0			=B13+C13-E13-F13
14										
15		=F12								
16						=SE(B13+C13-E13>=0;B13+C13-E13;0)				
17						=PROCV(D13;ATIV2.13B!\$A\$2:\$C\$7;3)				
18										

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

41

**ATIVIDADE 2 – página 23 - Continuação**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
		Estoque	Produção	Números aleatórios	Demanda	Estoque Final	Venda Perdida	Margem de Contribuição	Custo de Estocagem	Margem de Contribuição Perdida				
1														
2	Janeiro	0	1100	25	1000	100	0	20.000,00	300,00	0,00				
3	Fevereiro	100	1100	13	1000	200	0	20.000,00	600,00	0,00				
4	Março	200	1100	16	1000	300	0	20.000,00	900,00	0,00				
5	Abril	300	1100	22	1000	400	0	20.000,00	1200,00	0,00				
6	Maió	400	1100	26	1000	500	0	20.000,00	1500,00	0,00				
7	Junho	500	1100	74	1300	300	0	26.000,00	900,00	0,00				
8	Julho	300	1100	49	1200	200	0	24.000,00	600,00	0,00				
9	Agosto	200	1100	65	1300	0	0	26.000,00	0,00	0,00				
10	Setembro	0	1100	47	1200	0	100	22.000,00	0,00	2.000,00				
11	Outubro	0	1100	75	1300	0	200	22.000,00	0,00	4.000,00				
12	Novembro	0	1100	77	1500	0	400	22.000,00	0,00	8.000,00				
13	Dezembro	0	1100	2	900	200	0	18.000,00	600,00	0,00				
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43														
44														
45														
46														
47														
48														
49														
50														
51														
52														
53														
54														
55														
56														
57														
58														
59														
60														
61														
62														
63														
64														
65														
66														
67														
68														
69														
70														
71														
72														
73														
74														
75														
76														
77														
78														
79														
80														
81														
82														
83														
84														
85														
86														
87														
88														
89														
90														
91														
92														
93														
94														
95														
96														
97														
98														
99														
100														
101														
102														
103														
104														
105														
106														
107														
108														
109														
110														
111														
112														
113														
114														
115														
116														
117														
118														
119														
120														
121														
122														
123														
124														
125														
126														
127														
128														
129														
130														
131														
132														
133														
134														
135														
136														
137														
138														
139														
140														
141														
142														

**ATIVIDADE 3 – página 23**

Caso aumentemos a capacidade de produção da indústria de bolos em 20%, o aumento de margem de contribuição recebido seria maior que os gastos com estoques?

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	Custo de Estocagem	Margem de Contribuição Perdida	Estoque	Produção Aumentada em 20%	Novo Estoque Final	Nova Venda Perdida	Nova Margem de Contribuição	Novo Custo de Estocagem	Nova Margem de Contribuição Perdida
1									
2	300,00	0,00	0	1.320	320	0	20.000,00	960,00	0
3	600,00	0,00	320	1.320	640	0	20.000,00	1.920,00	0
4	900,00	0,00	640	1.320	960	0	20.000,00	2.880,00	0
5	1200,00	0,00	960	1.320	1.280	0	20.000,00	3.840,00	0
6	1500,00	0,00	1.280	1.320	1.600	0	20.000,00	4.800,00	0
7	900,00	0,00	1.600	1.320	1.620	0	26.000,00	4.860,00	0
8	600,00	0,00	1.620	1.320	1.740	0	24.000,00	5.220,00	0
9	0,00	0,00	1.740	1.320	1.760	0	26.000,00	5.280,00	0
10	0,00	2.000,00	1.760	1.320	1.880	0	24.000,00	5.640,00	0
11	0,00	4.000,00	1.880	1.320	1.900	0	26.000,00	5.700,00	0
12	0,00	8.000,00	1.900	1.320	1.720	0	30.000,00	5.160,00	0
13	600,00	0,00	1.720	1.320	2.140	0	18.000,00	6.420,00	0
14	6.600,00	14.000,00					274.000,00	52.680,00	0,00
15				=C13*1,2	=M12+L13-E13		=E13*20)-(N13*20)		=M13*3
16							=K13+L13-E13-M13		
17				Aumento da Margem de Contribuição			14.000,00		
18				Aumento no Custo de Estocagem			46.080,00		

A medida evitaria a perda das vendas, gerando um ganho de margem de contribuição de R\$ 14.000,00, porém o custo de armazenagem no ano sairia de R\$ 6.600,00 para R\$ 52.680,00, inviabilizando a proposta de aumento da capacidade, a menos que haja prospecção de novos mercados consumidores para o produto.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

43

**ATIVIDADES DE AVALIAÇÃO À DISTÂNCIA 01 e 02**

A clínica popular SANTO AGOSTINHO realiza a consulta de cada um de seus pacientes em um tempo médio de 15 minutos, sendo o valor de cada consulta igual a R\$ 20,00. O horário de chegada diário de pessoas na clínica pode ser representado no quadro de distribuição probabilística, a seguir

	A	B	C	D	E
1	Intervalo Inicial	Intervalo Final	Tempo entre as chegadas	Probabilidade	Probabilidade Acumulada
2	1	20	00:05	20%	20%
3			00:10	30%	
4			00:15	15%	
5			00:20	15%	
6			00:25	10%	
7			00:30	10%	

A clínica funciona de 8:00 às 17:00, e quando tem pacientes aguardando consulta após o horário de encerramento das atividades, estes são orientados a retornarem no dia seguinte. Construa uma simulação pelo método de Monte Carlo, utilizando (caso necessário) da segunda até a quarta linha da tabela de números aleatórios apresentada no nosso

roteiro de estudos (da esquerda para a direita). Apresentamos, para facilitar a montagem do problema, as duas primeiras linhas da tabela-padrão de simulação, que irá conduzi-lo à resolução deste caso.

	A	B	C	D	E	F
1	Números Aleatórios	Tempo desde a última chegada	Hora da chegada	Hora de início da consulta	Hora do fim da consulta	Tempo de espera
2	10	00:05	08:05	08:05	08:20	00:00
3	55	00:15	08:20	08:20	08:35	00:00
4	24					
5	17					

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

44

**Atividade 01**

Qual o tempo médio de espera dos pacientes para serem atendidos na clínica?

	A	B	C	D	E	F	G	H							
1	Números Aleatórios	Tempo desde a última chegada	Hora da chegada	Hora de início da consulta	Hora do fim da consulta	Tempo de espera	08:00	00:15							
2	10	00:05	08:05	08:05	08:20	00:00									
3	55	00:15	08:20	08:20	08:35	00:00									
4	24	00:10	08:30	08:35	08:50	00:05									
5	17	00:05	08:35	08:50	09:05	00:15									
6	41	00:10	08:45	09:05	09:20	00:20									
7	47	00:10	08:55	09:20	09:35	00:25									
8	72	00:20	09:15	09:35	09:50	00:20									
9	9	00:05	09:20	09:50	10:05	00:30									
10	46	00:10	09:30	10:05	10:20	00:35									
11	77	00:20	09:50	10:20	10:35	00:30									
12	13	00:05	09:55	10:35	10:50	00:40									
13	70	00:20	10:15	10:50	11:05	00:35									
14	83	00:25	10:40	11:05	11:20	00:25									
15	87	00:10	10:50	11:20	11:35	00:30									
16	43	00:10	11:00	11:35	11:50	00:35									
17	5	00:05	11:05	11:50	12:05	00:45									
18	95	00:30	11:35	12:05	12:20	00:30									
19	29	00:10	11:45	12:20	12:35	00:35									
20	30	00:10	11:55	12:35	12:50	00:40									
21	30	00:10	12:05	12:50	1:05	00:45									
22	75	00:20	12:25	1:05	1:20	00:40									
23	96	00:30	12:55	1:20	1:35	00:25									
24	75	00:20	13:15	1:35	1:50	00:20									
25	9	00:05	13:20	1:50	2:05	00:30									
26	75	00:20	13:40	1:40	1:55	00:25									
27	26	00:10	13:50	1:40	1:55	00:30									
28	70	00:20	14:10	1:45	1:55	00:25									
29	48	00:10	14:20	1:45	1:55	00:30									
30	16	00:05	14:25	1:55	1:55	00:40									
31	9	00:05	14:30	1:50	1:55	00:50									
32	7	00:05	14:35	1:55	1:50	01:00									
33	81	00:25	15:00	1:55	1:55	00:50									
34	20	00:05	15:05	1:55	1:55	01:00									
35	55	00:15	15:20	1:50	1:55	01:00									
36	46	00:10	15:30	1:55	1:55	01:05									
37	11	00:05	15:35	1:50	1:55	01:15									
38	54	00:15	15:50	1:55	1:55	01:15									
39	44	00:10	16:00	1:50	1:55	01:20									
40	38	00:10	16:10	1:55	1:55	01:25									
41	1	00:05	16:15	1:50	1:55	01:35									
42	89	00:25	16:40	1:55	1:55	01:25									
43	98	00:30	17:10	1:50	1:55	01:10									
44	39	00:10	17:20	1:55	1:55	01:15									
45	84	00:25	17:45	1:50	1:55	01:05									
46	93	00:30	18:15	1:55	1:55	00:50									
47	90	00:25	18:40	1:50	1:55	00:40									
48	22	00:10	18:50	1:55	1:55	00:45									
49	57	00:15	19:05	1:50	2:00	00:45									
50	15	00:05	19:10	2:00	2:00	00:55									
51	77	00:20	19:30	2:05	2:05	00:50									
52	5	00:05	19:35	2:05	2:05	01:00									
53	14	00:05	19:40	2:05	2:10	01:10									
54	22	00:10	19:50	2:10	2:10	01:15									
55	95	00:30	20:20	2:15	2:15	01:00									
56					00:44	<--MÉDIA(F2:F55)	Consultas perdidas	13	<--=CONT.SE(C2:C55,">=16:45")						
57							Faturamento perdido	260,00	<--=J56*20						
58															

24/05/09

45

**Atividade 2**

Qual o valor diário de faturamento que é perdido pela clínica, trabalhando dentro de seus parâmetros atuais de estrutura? Considere para o cálculo, o atendimento de clientes que chegam até as 16h45min.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
48	22	00:10	18:50	19:35	19:50	00:45								
49	57	00:15	19:05	19:50	20:05	00:45								
50	15	00:05	19:10	20:05	20:20	00:55								
51	77	00:20	19:30	20:20	20:35	00:50								
52	5	00:05	19:35	20:35	20:50	01:00								
53	14	00:05	19:40	20:50	21:05	01:10								
54	22	00:10	19:50	21:05	21:20	01:15								
55	95	00:30	20:20	21:20	21:35	01:00								
56						00:44	<--MÉDIA(F2:F55)	Consultas perdidas	13	<--=CONT.SE(C2:C55,">=16:45")				
57								Faturamento perdido	260,00	<--=J56*20				
58														

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

46

## Processo de Modelagem

- Força os decisores a tornarem explícitos seus objetivos.
- Força a identificação e armazenamento das diferentes decisões que influenciam os objetivos.
- Força a identificação e armazenamento dos relacionamento entre as decisões.
- Força a identificação das variáveis a serem incluídas e em que termos elas serão quantificáveis.
- Força o reconhecimento de limitações.
- Permitem a comunicação de suas idéias e seu entendimento para facilitar o trabalho de grupo.

## Processo de Modelagem

- **Realismo**
  - Um modelo só tem valor se o seu uso provoca melhores decisões.
- **Intuição**
  - Modelos quantitativos e intuição gerencial não se encontram em lados opostos.
  - Intuição é crucial durante a interpretação e implementação.

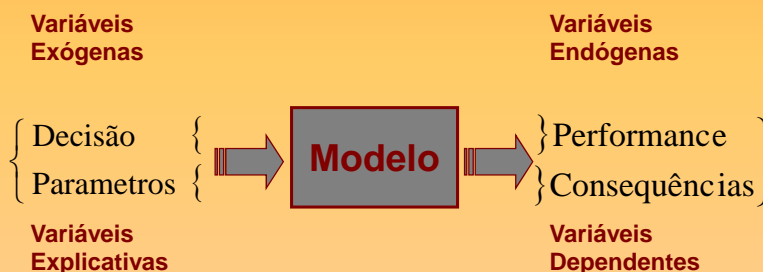
## Modelos Simbólicos

### Características

- Um modelo sempre simplifica a realidade.
- Um modelo simbólico deve conter detalhes suficientes para que:
  - Os resultados atinjam suas necessidades
  - O modelo seja consistente com os dados
  - O modelo possa ser analisado no período de tempo disponível a sua concepção

## Modelos de Tomada de Decisão

- São modelos simbólicos nos quais algumas variáveis representam decisões que devem ser tomadas.



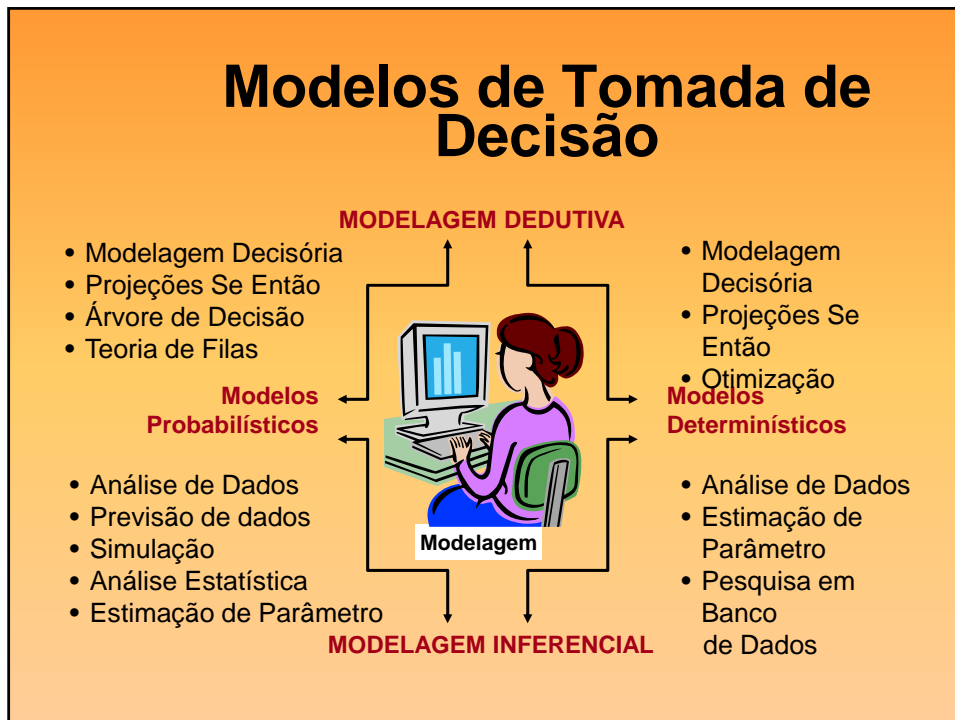
## Modelos de Tomada de Decisão

- **Modelos Determinísticos**
  - São modelos nos quais todas as variáveis relevantes são assumidas como certas e disponíveis.
- **Modelos Probabilísticos ou Estocásticos**
  - São modelos nos quais uma ou mais variáveis não são conhecidas com certeza.
    - Variáveis Randômicas ou Aleatórias

## Tipos de Modelagem

- **Modelagem Dedutiva**
  - Hipóteses das variáveis relevantes e suas interligações.
  - Modelagem do tipo *top-down*, maior peso no conhecimento do modelador a respeito das variáveis e parâmetros
- **Modelagem Inferencial**
  - Análise dos dados para estabelecimento das relações entre variáveis.
  - Modelagem do tipo *down-top*

## Modelos de Tomada de Decisão

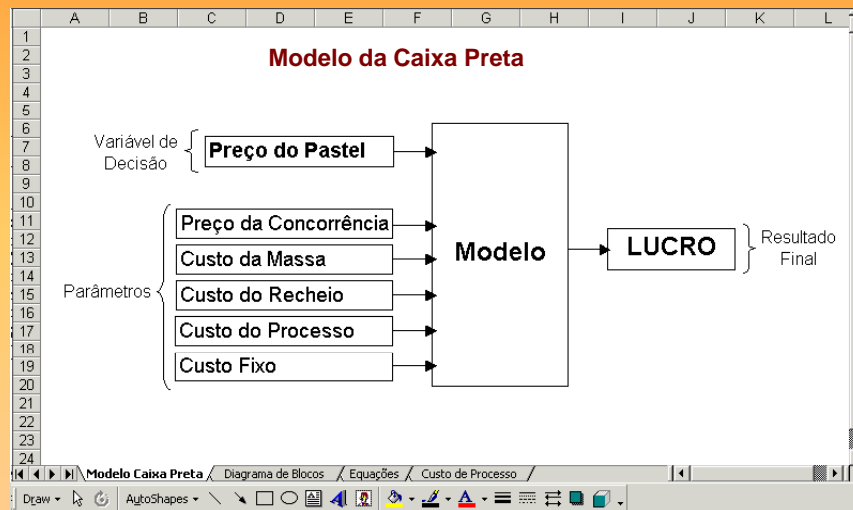


## Modelagem no Excel

### Caso da Fábrica de Pastéis e Pastelões Ltda.

- A Pastéis e Pastelões Ltda. fabrica pastéis de forno a partir de dois ingredientes básicos: massa semi-pronta e recheio congelado. A empresa pretende estabelecer um modelo para previsão de seu lucro operacional mensal. Desconsiderando a hipótese de alteração do tamanho e da qualidade dos pastéis, a diretoria considera que o preço unitário do pastel e o preço médio praticado pela concorrência são os únicos fatores relevantes na determinação da demanda, a qual comporta-se segundo a seguinte equação:  $D = 15.000 - 5000x + 5000y$ , onde  $x$  é o preço do pastel da Pastéis e Pastelões e  $y$  é o preço médio dos pastéis vendidos pelos concorrentes.

## Modelagem no Excel- Lachtermacher



24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

55

## Modelagem no Excel

### Caso da Fábrica de Pastéis e Pastelões Ltda.

- Tendo em vista que o preço dos pastéis vendidos pela concorrência é uma variável fora do controle da Pastéis e Pastelões, somente o preço unitário do pastel vendido pela empresa configura como variável de decisão do problema. Assim sendo, o preço médio praticado pela concorrência, os custos de matéria-prima, os custos de processamento e os custos fixos são os parâmetros do modelo.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

56

## Modelagem no Excel

### Caso da Fábrica de Pastéis e Pastelões Ltda.

- Dados Adicionais

Preço médio praticado pela concorrência (R\$ por pastel)	R\$ 7,00
Custo unitário da massa (R\$ por pastel)	R\$ 1,30
Custo unitário do recheio (R\$ por pastel)	R\$ 2,00
Custo unitário de processo (R\$ por pastel)	R\$ 0,40
Custo Fixo	R\$ 6.000,00

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

57

## Caso da Fábrica de Pastéis e Pastelões Ltda

$$\text{Lucro} = \text{Receita} - \text{Custo Total}$$

$$\text{Receita} = \text{Preço do Pastel} \times \text{Demanda de Pastéis}$$

$$\text{Custo Total} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Custo de Processo} + \\ \text{Custo dos Ingredientes} + \text{Custo Fixo} \end{array} \right.$$

$$\text{Custo Ingredientes} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Demanda de Pastéis} \times \\ \left( \text{Custo Unitário da Massa} + \right. \\ \left. \text{Custo Unitário do Recheio} \right) \end{array} \right.$$

$$\text{Custo de Processo} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Demanda de Pastéis} \times \\ \text{Custo Unitário de Processo} \end{array} \right.$$

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

58

## Modelagem no Excel

	A	B	C	D
1	<b>Pastéis e Pastelões - Modelo de Lucro Mensal</b>			
2	<b>VARIÁVEL DE DECISÃO</b>			
3	Preço Unitário do Pastel (R\$)	6		
4	<b>PARÂMETROS</b>			
5	Preço Médio Praticado pela Concorrência (R\$)	7		
6	Custo Unitário da Massa (R\$)	1,3		
7	Custo Unitário do Recheio (R\$)	2		
8	Custo do Processo (R\$)	0,4		
9	Custo Fixo (R\$)	6000		
10				
11	Equação de Demanda de Pastéis - $z = 15000 - 5000x + 5000y$			
12	Termo Independente	15000		
13	Coefficiente do Preço do Pastel (x)	-5000		
14	Coefficiente do Preço Médio da Concorrência (y)	5000		
15				
16	<b>RESULTADOS FÍSICOS</b>			
17	Número de Pastéis Demandados	20000		→ B12+B13*B3+B14*B5
18	<b>RESULTADOS FINANCEIROS</b>			
19	Receita (R\$)	120000		→ B17*B3
20	Custo de Ingredientes (R\$)	66000		→ B17*(B6+B7)
21	Custo do Processo (R\$)	8000		→ B17*B8
22	Custo Fixo (R\$)	6000		→ B9
23	Custo Total (R\$)	80000		→ B20+B21+B22
24	<b>Lucro Operacional (R\$)</b>	<b>40000</b>		→ B19-B23

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

59

## Modelagem em Planilha Memória de Cálculo

The image shows the 'Opções' (Options) dialog box in Excel, specifically the 'Fórmulas' (Formulas) tab. The 'Fórmulas' checkbox is highlighted with a red box. The dialog box is open over the Excel interface, showing various options for displaying formulas and grid lines.

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

60

## Modelagem em Planilha Memória de Cálculo

A	B
1	<b>Pastéis e Pastelões - Modelo de Lucro Mensal</b>
2	<b>VARIÁVEL DE DECISÃO</b>
3	Preço Unitário do Pastel (R\$) 6
4	<b>PARÂMETROS</b>
5	Preço Médio Praticado pela Concorrência (R\$) 7
6	Custo Unitário da Massa (R\$) 1,3
7	Custo Unitário do Recheio (R\$) 2
8	Custo do Processo (R\$) 0,4
9	Custo Fixo (R\$) 6000
10	
11	Equação de Demanda de Pastéis - $z = 15000 - 5000x + 5000y$
12	Termo Independente 15000
13	Coefficiente do Preço do Pastel (x) -5000
14	Coefficiente do Preço Médio da Concorrência (y) 5000
15	
16	<b>RESULTADOS FÍSICOS</b>
17	Número de Pastéis Demandados =B12+B13*B3+B14*B5
18	<b>RESULTADOS FINANCEIROS</b>
19	Receita (R\$) =B17*B3
20	Custo de Ingredientes (R\$) =B17*(B6+B7)
21	Custo do Processo (R\$) =B17*B8
22	Custo Fixo (R\$) =B9
23	Custo Total (R\$) =B20+B21+B22
24	<b>Lucro Operacional (R\$)</b> =B19-B23

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

61

## Modelagem em Planilha Representação de Equações e o Excel

Microsoft Excel - Caso\_Pastéis e Pastelões.xls

	A	B	Assistente de gráfico
4	(Nível de Produção)	REAL	MODELO
5	10000	3200	4000
6	12000	3700	4800
7	14000	4500	5600
8	16000	5900	6400
9	18000	7100	7200
10	20000	8000	8000
11	22000	9700	8800
12	24000	11200	9600
13	26000	14000	10400
14	28000	16300	11200
15	30000	19400	12000

Assistente de gráfico - etapa 1 de 4 - tipo de gráfico

Tipos padrão | Tipos personalizados

Tipo de gráfico: Subtipo de gráfico:

Colunas, Barras, Linha, Pizza, Dispersão (XY), Área, Rosca, Radar, Superfície, Bolhas, ações

Dispersão. Compara pares de valores.

Manter pressionado para exibir exemplo

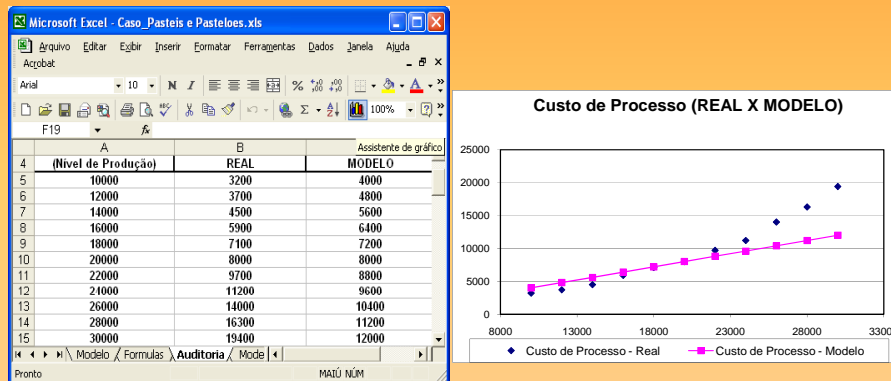
- Levantamento Feito na Contabilidade

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

62

## Modelagem em Planilha Representação de Equações e o Excel



- O Modelo não está representando bem dados reais

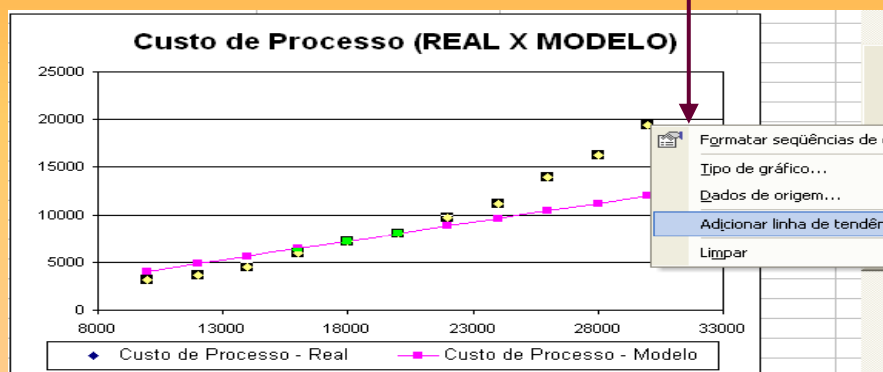
24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

63

## Modelagem em Planilha Representação de Equações e o Excel

- Clique em cima dos dados reais e clique o botão direito do mouse

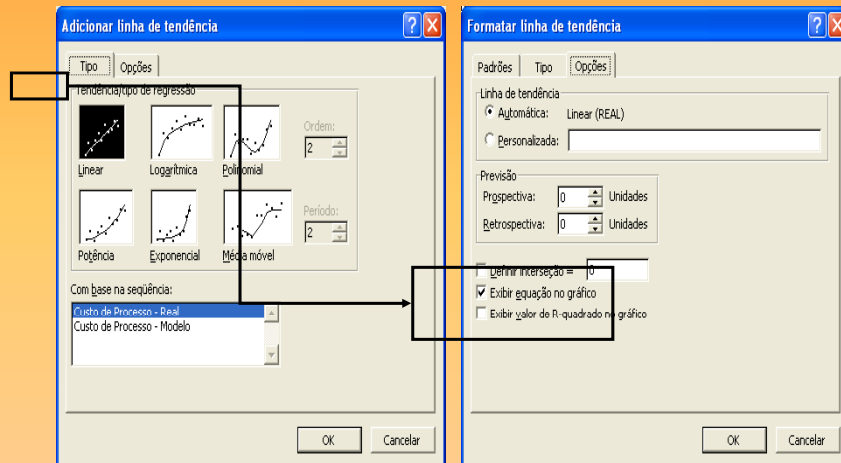


24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

64

## Modelagem em Planilha Representação de Equações e o Excel

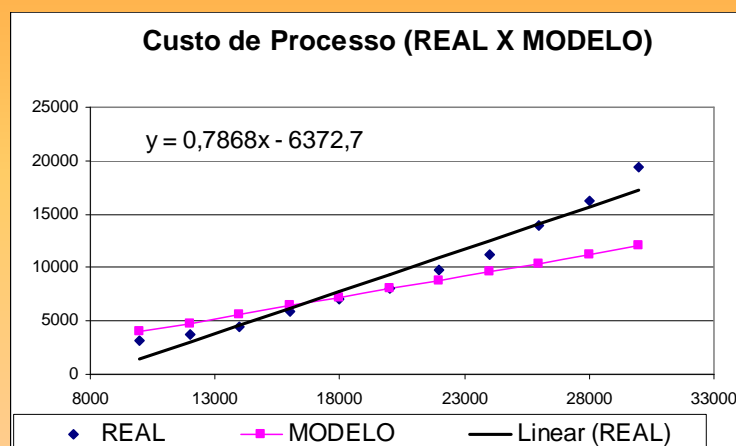


24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

65

## Modelagem em Planilha Representação de Equações e o Excel

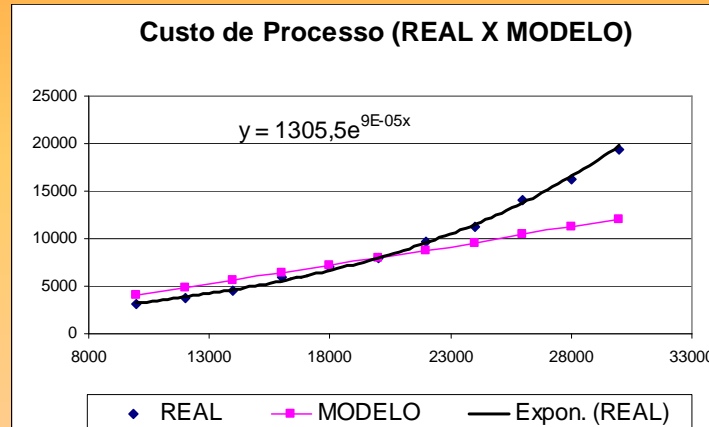


24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

66

## Modelagem em Planilha Representação de Equações e o Excel



24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

67

## Modelagem em Planilha Representação de Equações e o Excel

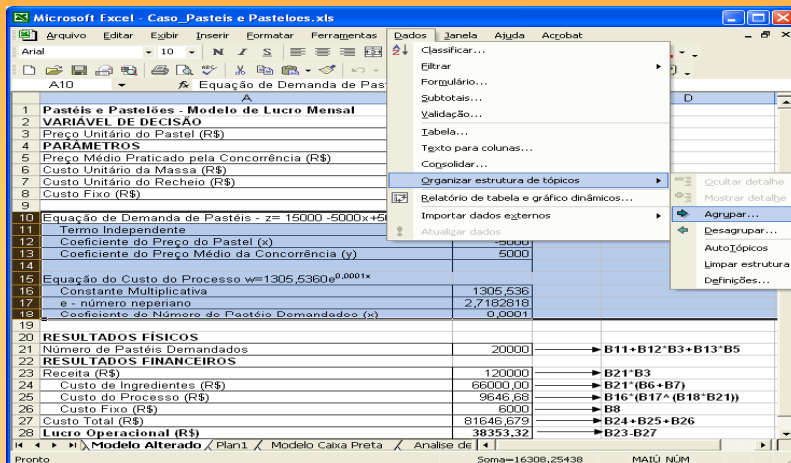
	A	B	C	D
1	<b>Pastéis e Pastelões - Modelo de Lucro Mensal</b>			
2	<b>VARIÁVEL DE DECISÃO</b>			
3	Preço Unitário do Pastel (R\$)	6,00		
4	<b>PARAMETROS</b>			
5	Preço Médio Praticado pela Concorrência (R\$)	7		
6	Custo Unitário da Massa (R\$)	1,30		
7	Custo Unitário do Recheio (R\$)	2,00		
8	Custo Fixo (R\$)	6000		
9				
10	Equação de Demanda de Pastéis - $z = 15000 - 5000x + 5000y$			
11	Termo Independente	15000		
12	Coefficiente do Preço do Pastel (x)	-5000		
13	Coefficiente do Preço Médio da Concorrência (y)	5000		
14				
15	Equação do Custo do Processo $w = 1305,5360e^{0,0001x}$			
16	Constante Multiplicativa	1305,536		
17	e - número neperiano	2,7182818		
18	Coefficiente do Número de Pastéis Demandados (x)	0,0001		
19				
20	<b>RESULTADOS FÍSICOS</b>			
21	Número de Pastéis Demandados	20000		→ B11*E12*B3+B13*B5
22	<b>RESULTADOS FINANCEIROS</b>			
23	Receita (R\$)	120000		→ B21*B3
24	Custo de Ingredientes (R\$)	66000,00		→ B21*(B6+B7)
25	Custo do Processo (R\$)	9646,68		→ B16*(B17*(B18*B21))
26	Custo Fixo (R\$)	6000		→ B8
27	Custo Total (R\$)	81646,679		→ B24+B25+B26
28	Lucro Operacional (R\$)	38353,32		→ B23-B27

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

68

# Modelagem em Planilha Excel Data Group

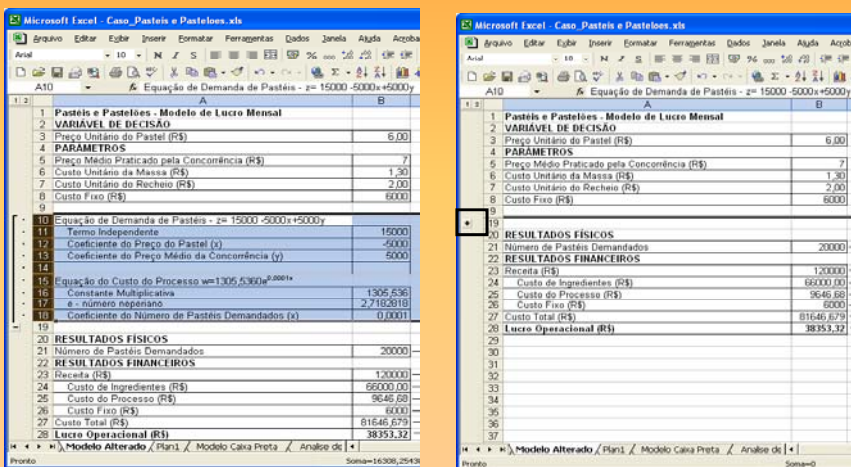


24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

69

# Modelagem em Planilha Excel Data Group



24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

70

## Modelagem em Planilha Projeções do Tipo "Se Então"

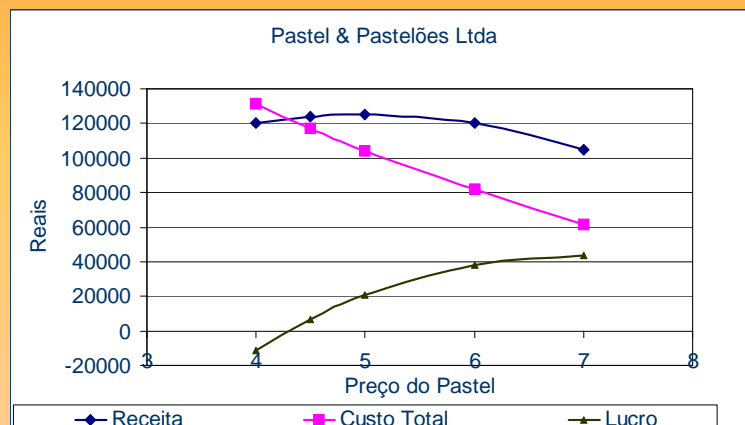
	A	B	C	D	E	F
1	Pastéis e Pastelões - Modelo de Lucro Mensal					
2	<b>VARIÁVEL DE DECISÃO</b>					
3	Preço Unitário do Pastel (R\$)	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0
4	<b>PARÂMETROS</b>					
5	Preço Médio Praticado pela Concorrência (R\$)	7	7	7	7	7
6	Custo Unitário da Massa (R\$)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
7	Custo Unitário do Recheio (R\$)	2	2	2	2	2
8	Custo Fixo (R\$)	6000	6000	6000	6000	6000
9						
10	Equação de Demanda de Pastéis - $z = 15000 - 5000x + 5000y$					
11	Termo Independente	15000	15000	15000	15000	15000
12	Coefficiente do Preço do Pastel (x)	-5000	-5000	-5000	-5000	-5000
13	Coefficiente do Preço Médio da Concorrência (y)	5000	5000	5000	5000	5000
14						
15	Equação do Custo do Processo $w = 1305,536e^{0,0001x}$					
16	Constante Multiplicativa	1305,536	1305,536	1305,536	1305,536	1305,536
17	e - número neperiano	2,7182818	2,71828183	2,71828183	2,7182818	2,7182818
18	Coefficiente do Número de Pastéis Demandados (x)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
19						
20	<b>RESULTADOS FÍSICOS</b>					
21	Número de Pastéis Demandados	30000	27500	25000	20000	15000
22	<b>RESULTADOS FINANCEIROS</b>					
23	Receita (R\$)	120000	123750	125000	120000	105000
24	Custo de Ingredientes (R\$)	99000	90750	82500	66000	49500
25	Custo do Processo (R\$)	26222,392	20422,0191	15904,6844	9646,6787	5851,0064
26	Custo Fixo (R\$)	6000	6000	6000	6000	6000
27	Custo Total (R\$)	131222,39	117172,02	104404,68	81646,68	61351,01
28	Lucro Operacional (R\$)	-11222,39	6577,98	20595,32	38353,32	43648,99

24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

71

## Modelagem em Planilha Projeções do Tipo "Se Então"



24/05/09

Métodos Quantitativos - Bertolo

72