

Técnicas de Previsão

Slides gentilmente cedidos por

**Prof. Fernando Augusto Silva Marins
FEG - UNESP**

Sumário

1. Conceitos
2. Etapas de um Modelo de Previsão
 1. Objetivos
 2. Coleta e análise de dados
 3. Seleção da Técnica
 4. Obtenção da previsão
 5. Monitoramento

Previsão da Demanda

A previsão da demanda é a base para o planejamento estratégico da produção, vendas e finanças de qualquer empresa.

- Permite que os administradores destes sistemas antevejam o futuro e planejem adequadamente suas ações.

As previsões são usadas pelo PCP em dois momentos distintos: para planejar o sistema produtivo (longo prazo) e para planejar o uso (curto prazo) deste sistema produtivo.

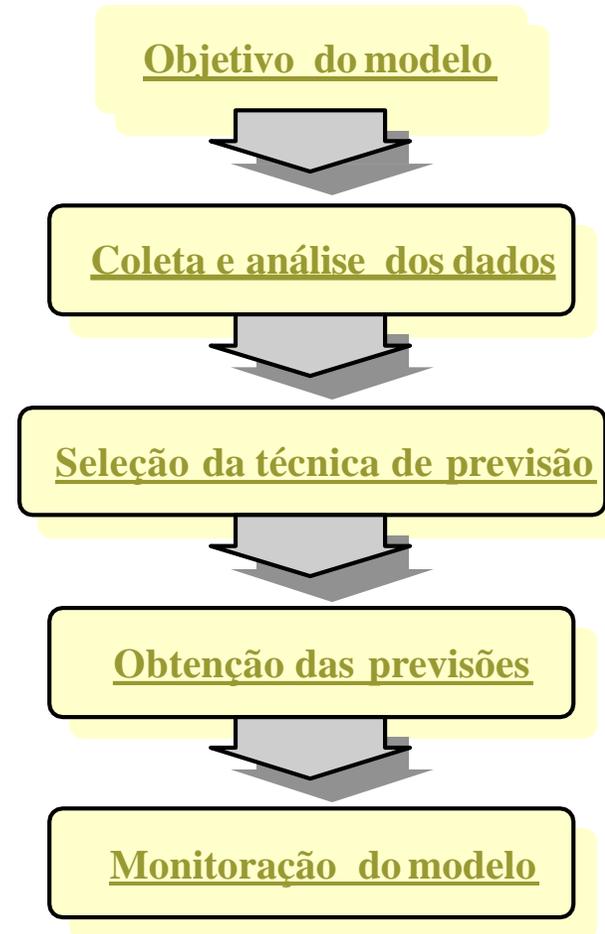
- Longo prazo: produtos/serviços, instalação, equipamentos,...
- Curto prazo: planos de produção, armazenagem e compras, sequenciamento

Previsão da Demanda

A responsabilidade pela preparação da previsão da demanda normalmente é do setor de Marketing ou Vendas. Porém, existem bons motivos para que o pessoal do PCP/Logística entenda como esta atividade é realizada:

- A previsão da demanda é a principal informação empregada pelo PCP na elaboração de suas atividades;
- Em empresas de pequeno e médio porte, não existe ainda uma especialização muito grande das atividades, cabendo ao pessoal do PCP (geralmente o mesmo de Vendas) elaborar estas previsões.
- Atualmente as empresas estão buscando um relacionamento mais eficiente dentro de sua cadeia produtiva (JIT/TQC – Cadeia Automotiva, Celta, Fiat *online*).

Etapas de um Modelo de Previsão



Objetivo do Modelo

A primeira etapa consiste em definir a razão pela qual necessitamos de previsões. Que produto, ou famílias de produtos, será previsto, com que grau de acuracidade e detalhe a previsão trabalhará, e que recursos estarão disponíveis para esta previsão.

- A sofisticação e o detalhamento do modelo depende da importância relativa do produto, ou família de produtos, a ser previsto e do horizonte ao qual a previsão se destina.
- Itens pouco significativos podem ser previstos com maior margem de erro, empregando-se técnicas simples. Assim como admite-se margem de erro maior para previsões de longo prazo, empregando-se dados agregados de famílias de produtos.

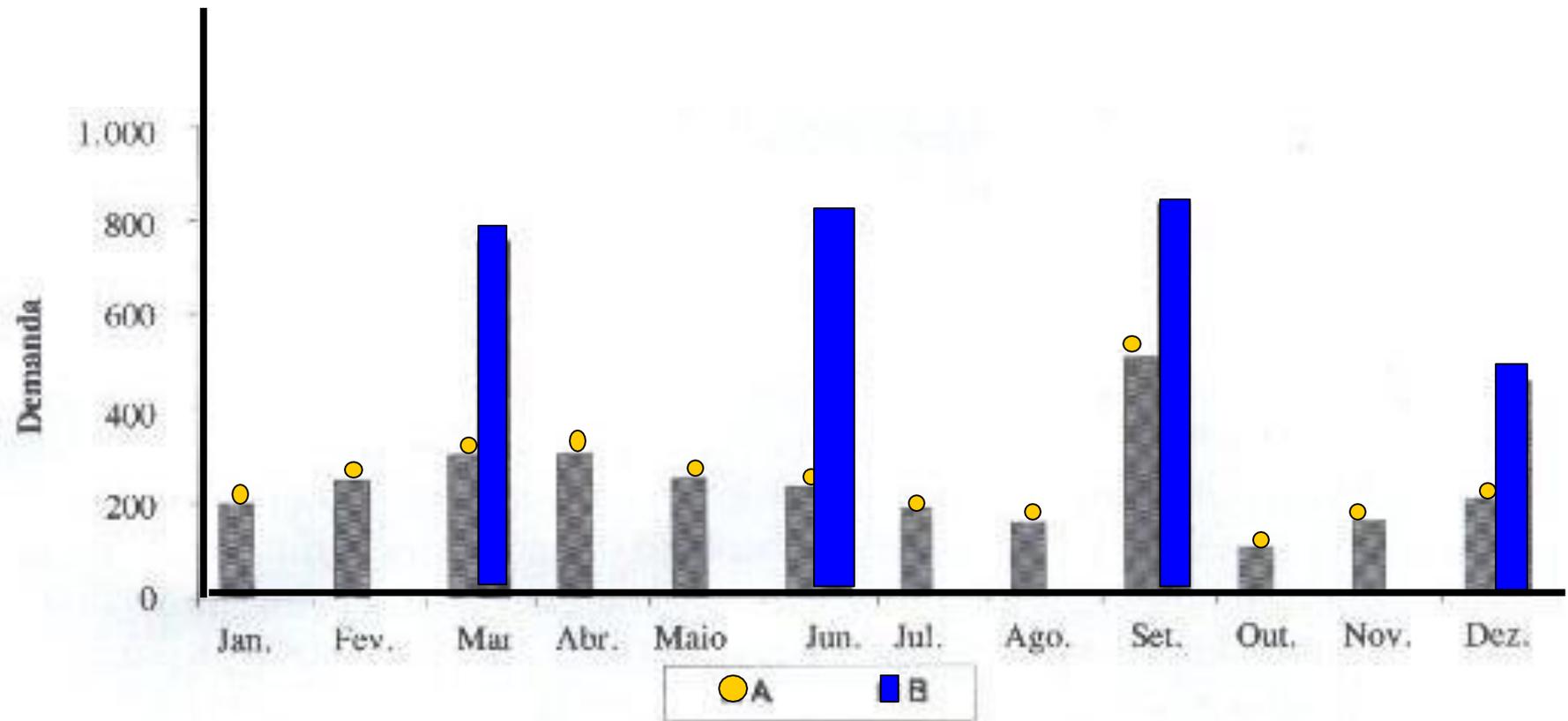


Coleta e Análise dos Dados

Visa identificar e desenvolver a técnica de previsão que melhor se adapte. Alguns cuidados básicos:

- Quanto mais dados históricos forem coletados e analisados, mais confiável a técnica de previsão será;
- Os dados devem buscar a caracterização da demanda real pelos produtos da empresa, que não é necessariamente igual as vendas passadas (faltas, postergação,...);
- Variações extraordinárias da demanda (greves, promoções, ...) devem ser analisadas e substituídas por valores médios, compatíveis com o comportamento normal da demanda;
- O tamanho do período de consolidação dos dados (semanal, mensal,...) tem influência direta na escolha da técnica de previsão mais adequada, assim como na análise das variações extraordinárias.

Periodicidades Diferentes para Dados Idênticos



Seleção da Técnica de Previsão

Existem Técnicas **Qualitativas e Quantitativas**. Cada uma tendo o seu campo de ação e sua aplicabilidade. Alguns fatores merecem destaque na escolha da Técnica de Previsão:

- Decidir em cima da curva de troca “custo-acuracidade”;
- A disponibilidade de dados históricos;
- A disponibilidade de recursos computacionais;
- A experiência passada com a aplicação de determinada técnica;
- A disponibilidade de tempo para coletar, analisar e preparar os dados e a previsão;
- O período de planejamento para o qual se necessita da previsão.

Técnicas de Previsão

Existem uma série de técnicas disponíveis, com diferenças substanciais entre elas. Porém, cabe descrever as características gerais que normalmente estão presentes em todas as técnicas de previsão, que são:

- Supõem-se que as causas que influenciaram a demanda passada continuarão a agir no futuro;
- As previsões não são perfeitas, pois não somos capazes de prever todas as variações aleatórias que ocorrerão;
- A acuracidade das previsões diminui com o aumento do período de tempo auscultado;
- A previsão para grupos de produtos é mais precisa do que para os produtos individualmente, visto que no grupo os erros individuais de previsão se anulam.

Técnicas de Previsão

As técnicas de previsão podem ser subdivididas em dois grandes grupos:

- As técnicas qualitativas privilegiam principalmente dados subjetivos, os quais são difíceis de representar numericamente. Estão baseadas na opinião e no julgamento de pessoas chaves, especialistas nos produtos ou nos mercados onde atuam estes produtos;
- As técnicas quantitativas envolvem a análise numérica dos dados passados, isentando-se de opiniões pessoais ou palpites. Empregam-se modelos matemáticos para projetar a demanda futura. Podem ser subdivididas em dois grandes grupos: as técnicas baseadas em séries temporais, e as técnicas causais (Mais conhecidos: Regressão Simples e Múltipla)

Técnicas de Previsão

Técnicas Qualitativas

- Pouco tempo para coleta de dados, introdução de novos produtos, cenário político/econômico instável
- Questões estratégicas – em conjunto com modelos matemáticos e técnicas quantitativas

Técnicas Quantitativas

- Séries Temporais – modelo matemático da demanda futura relacionando dados históricos de vendas do produto com o tempo
- Causais – associar dados históricos de vendas do produto com uma ou mais variáveis relacionadas à demanda

Métodos Qualitativos mais comuns

- Técnica Delphi
- Análise de Cenários
- Júri executivo de opiniões
- Composição de forças de vendas
- Pesquisas de mercado

Técnicas de Previsão Qualitativas

Método Delphi

Características: anonimato, realimentação controlada das informações, quantificação das respostas (escala numérica), resposta estatística (pode não haver consenso)

Processo:

- 1o. Passo – Coordenador elabora Questionário
- 2o. Passo - Grupo responde Questionário (escala numérica)
- 3o. Passo – Coordenador confere coerência das respostas, altera questões (se necessário), processa análise estatística, sistematiza os argumentos manifestados
- 4o. Passo – Grupo responde novo Questionário (com as informações da análise estatística e dos argumentos), respostas discrepantes com relação à Média devem ser justificados
- 5o. Passo – Coordenador verifica se não houve variações significativas (Fim - Relatório), caso contrário retornar ao Passo 2.

Vantagens

- Ótimo método para lidar com aspectos inesperados de um problema
- Previsões com carência de dados históricos
- Interesse pessoal dos participantes
- Minimiza pressões psicológicas
- Não exige presença física

Desvantagens

- Processo lento, média de 6 meses
- Dependência dos participantes
- Dificuldade de redigir o questionário
- Possibilidade de consenso forçado

Técnicas de Previsão Qualitativas

Análise de Cenários

- Situações muito complexas
- Geralmente utilizado para o longo prazo
- Aplicado quando não há parâmetros que permitam uma previsão segura

Determinação dos Cenários

Três possíveis cenários:

- Cenário base: sem surpresas
- Cenário alternativo 1: otimista
- Cenário alternativo 2: pessimista

Vantagens

- Estruturar e sistematizar o processo de projeções qualitativas
- Identificar as variáveis que impactam a demanda e seus impactos mútuos
- Estabelecer objetivos de longo prazo
- Identificar prioridade de ação

Desvantagens

- Dependência dos resultados em função da escolha das variáveis
- Complexidade para se tratar muitas variáveis ao mesmo tempo
- Pequenas alterações nas variáveis podem causar grandes distorções nas previsões

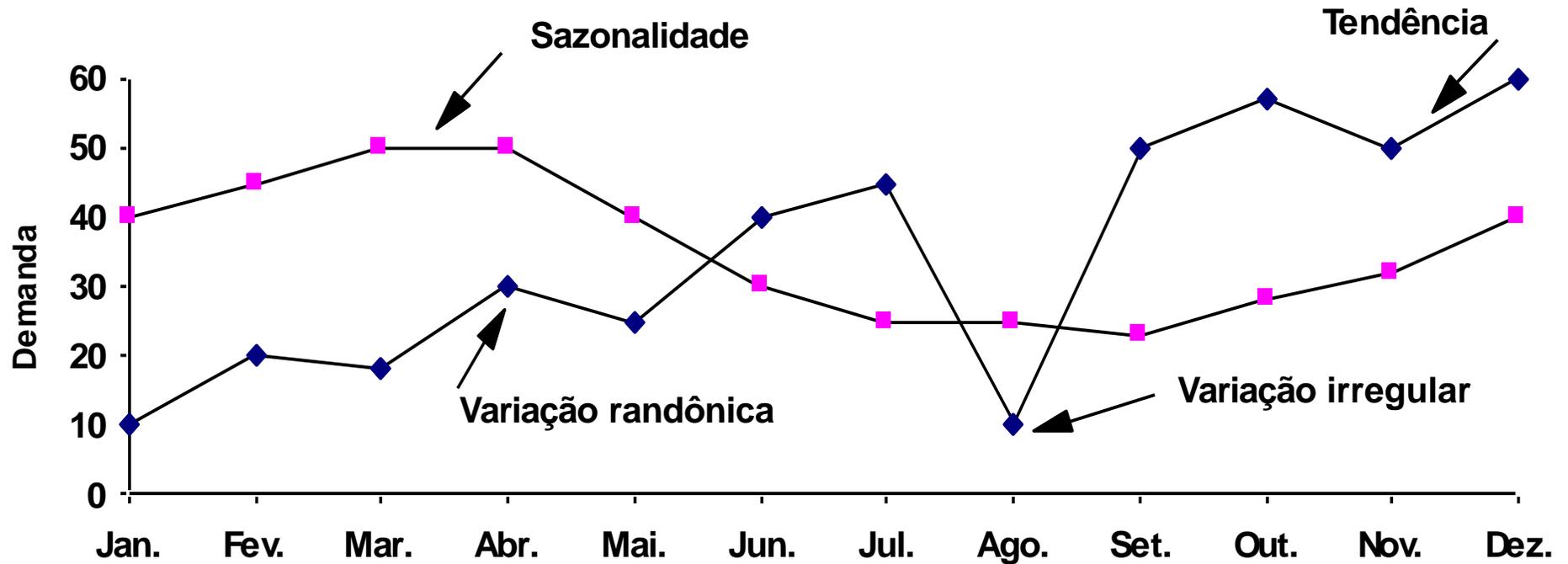
Métodos Quantitativos de Previsão

Previsões Baseadas em Séries Temporais

Partem do princípio de que a demanda futura será uma projeção dos seus valores passados, não sofrendo influência de outras variáveis.

- É o método mais simples e usual de previsão, e quando bem elaborado oferece bons resultados.
- Para se montar o modelo de previsão, é necessário plotar os dados passados e identificar os fatores que estão por trás das características da curva obtida (Previsão final = composição dos fatores).
- Uma curva temporal de previsão pode conter tendência, sazonalidade, variações irregulares e variações randômicas (há técnicas para tratar cada um destes aspectos).

Previsões Baseadas em Séries Temporais



Séries Temporais - ST

Classificação

- ST de Modelo Fixo (*Fixed-Model Time-Series*) – apresentam equações definidas baseadas em avaliações a priori da existência de determinadas componentes nos dados históricos (Mais simples, séries históricas não muito grandes);
- ST de Modelo Aberto (*Open-Model Time-Series*) – analisam as ST de modo a identificar quais componentes realmente estão presentes, para então criar um modelo único que projete tais componentes, prevendo os valores futuros (Mais elaboradas, maior quantidade de dados).

Existem mais de 60 métodos do tipo ST!!

ST de Modelo Fixo

- Média simples (MS)
- Média Móvel Simples (MMS)
- Média Móvel Dupla (MMD)
- Amortecimento Exponencial Simples (AES)
- Amortecimento Exponencial Duplo (Método de Brown)
- Amortecimento Exponencial Duplo (Método de Holt)
- Amortecimento Exponencial Triplo (Método de Winter)
- Metodologias de Seleção de Coeficientes de Amortecimento

Média Simples (MS)

Não é indicada quando há Tendência ou Sazonalidade

- Média aritmética simples de todas as vendas passadas:

$$P_{t+1} = \frac{\sum_{t=1}^n R_t}{n}$$

P_{t+1} - Previsão para o próximo período;

R_t - Valor real observado no período t ;

n - Número de períodos no histórico de vendas passadas

Média Móvel Simples (MMS)

Não é indicada quando há Tendência ou Sazonalidade

- A média móvel usa dados de um número já determinado de períodos, normalmente os mais recentes, para gerar sua previsão. A cada novo período de previsão se substitui o dado mais antigo pelo mais recente.

$$P_{t+1} = M_t = \frac{(R_t + R_{t-1} + R_{t-2} + \dots + R_{t-n+1})}{n}$$

P_{t+1} : previsão para o próximo período;

M_t : média móvel no período t ;

R_t : valor real observado no período t ;

n : número de períodos considerados na média móvel.

Média Móvel Simples

Período	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho
Demanda	60	50	45	50	45	70	60

Previsões para Julho

$$Mm_5 = \frac{50 + 45 + 50 + 45 + 70}{5} = 52,00$$

$$Mm_3 = \frac{50 + 45 + 70}{3} = 55,00$$

$$Mm_3 = \frac{45 + 70 + 60}{3} = 58,33$$

Previsão para Agosto

Alternativa: ponderar os períodos com pesos maiores para os mais recentes (50%, 30%, 20%: Julho = 58,50)

Média Móvel Dupla - MMD

Previsão de séries que apresentam tendência. Deve-se efetuar os cálculos:

$R_t =$ valor real observado no período t

$n =$ número de períodos considerados na Média Móvel

- Média móvel:
$$M_t = \frac{(R_t + R_{t-1} + R_{t-2} + \dots + R_{t-n+1})}{n}$$

- Média móvel das médias móveis:
$$M'_t = \frac{(M_t + M_{t-1} + M_{t-2} + \dots + M_{t-n+1})}{n}$$

- Efetua-se o seguinte cálculo:
$$a_t = M_t + (M_t - M'_t) = 2M_t - M'_t$$

- Fator de ajuste adicional
(Tendência – Coef. Angular):
$$b_t = \frac{2}{n-1}(M_t - M'_t)$$

- Assim, a previsão é dada por:
$$P_{t+p} = a_t + b_t p$$

p : número de períodos futuros a serem previstos

Amortecimento Exponencial Simples - AES

Sem Tendência. Método permite atribuir um maior peso (α) em valores mais recentes. Deve-se efetuar os seguintes cálculos:

$R_t =$ valor real observado no período t

$$P_{t+1} = \alpha R_t + \alpha(1 - \alpha)R_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 R_{t-2} + \dots$$

Ou ainda,

$$P_{t+1} = \alpha R_t + (1 - \alpha)P_t$$

Sendo: α = coeficiente de amortecimento $(0 \leq \alpha \leq 1)$

α Próximo de 1 – previsão mais sensível ao último valor observado

Geralmente adota-se $P_0 = R_0$ ou $P_0 = (\sum R_t)/n$

AED - Amortecimento Exponencial Duplo (Método de Brown)

Método para séries com tendências, com atribuição de pesos diferentes aos dados históricos. Seguem-se os cálculos:

Primeiro amortecimento: $A_t = \alpha R_t + (1 - \alpha)A_{t-1}$

Segundo amortecimento: $A'_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)A'_{t-1}$

Sua diferença: $a_t = 2A_t - A'_t$

Fator de ajuste adicional: $b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (A_t - A'_t)$

Previsão: $P_{t+p} = a_t + b_t p$

p: número de períodos futuros a serem previstos

AED - Amortecimento Exponencial Duplo (Método de Brown)

Ao utilizar o AED deve-se atentar aos valores iniciais “ A_0 ” e “ A'_0 ”, pois a utilização da primeira observação para estes valores implica em subestimar a tendência existente em uma série. Usar:

$$A_0 = a_0 - \frac{(1-\alpha)}{\alpha} b_0 \quad \text{e} \quad A'_0 = a_0 - 2 \frac{(1-\alpha)}{\alpha} b_0$$

a_0 : Coeficiente linear da regressão dos valores da série (variável dependente) pelos números dos períodos (variável independente).

b_0 : Coeficiente angular da regressão dos valores da série (variável dependente) pelos números dos períodos (variável independente).

Amortecimento Exponencial Duplo (Método de Holt)

Utilizado também para séries que apresentam tendência.
Existem dois coeficientes de amortecimento. Cálculos:

$$N_t = \alpha R_t + (1 - \alpha)(N_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$P_{t+p} = N_t + pT_t$$

Onde:

- N_t : Componente nível
- T_t : Componente tendência
- β : Coeficiente de amortecimento para a estimativa da tendência – $0 \leq \beta \leq 1$
- α : Coeficiente de amortecimento – $0 \leq \alpha \leq 1$

p: número de períodos futuros a serem previstos

Amortecimento Exponencial Triplo (Método Winter)

Adequado para previsão de séries que apresentam tendências e sazonalidades:

$$S_t = \gamma \left(\frac{R_t}{N_t} \right) + (1 - \gamma) S_{t-c}$$

$\left(\frac{R_t}{N_t} \right)$: ajuste sazonal calculado para o período t N_t : Componentenível

S_{t-c} : ajuste sazonal calculado c períodos atrás. Para previsão mensal (semanal) e sazonalidade ao longo do ano (mês), usa-se $c = 12$ (4).

S_t : Componente sazonal

γ : Coeficiente de amortecimento para a estimativa da sazonalidade
 $0 \leq \gamma \leq 1$.

Amortecimento Exponencial Triplo (Método Winter)

- Cálculo da Tendência (Holt): $T_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$

- Cálculo do nível considerando o ajuste sazonal:

$$N_t = \alpha \left(\frac{R_t}{S_{t-c}} \right) + (1 - \alpha)(N_{t-1} + T_{t-1})$$

- Finalmente, a previsão: $P_{t+p} = (N_t + pT_t)S_{t-c+p}$

T_t : componente Tendência, α : coef. de amortecimento, β : coef. de amortecimento para a estimativa de Tendência, R_t : valor real observado no período t , p : número de períodos a serem previstos.

Técnica para Previsão da Sazonalidade

Decomposição Clássica

A sazonalidade é expressa em termos de uma quantidade, ou de uma percentagem, da demanda que desvia-se dos valores médios da série. Caso exista tendência, ela deve ser considerada.

- O valor aplicado sobre a média, ou a tendência, é conhecido como índice de sazonalidade.
- Exemplo: Índice de Sazonalidade de cervejas em janeiro = 1,30, ou seja, é 30% maior que a média anual.

A forma mais simples de considerar a sazonalidade nas previsões da demanda, consiste em empregar o último dado da demanda, no período sazonal em questão, e assumi-lo como previsão.

- Exemplo: Venda de casacos em julho/2003 = Vendas em julho/2002 + tendência

Técnicas para Previsão da Sazonalidade

Decomposição Clássica

A forma mais usual de inclusão da sazonalidade nas previsões da demanda, consiste em obter o índice de sazonalidade para os diversos períodos, empregando a média móvel centrada, e aplicá-los sobre o valor médio (ou tendência) previsto para o período em questão.

- O índice de sazonalidade é obtido dividindo-se o valor da demanda no período pela média móvel centrada neste período. O período empregado para o cálculo da média móvel é o ciclo da sazonalidade. Quando se dispõem de dados suficientes, calculam-se vários índices para cada período e tira-se uma média.

Previsão da Sazonalidade: Exemplo do Restaurante

Dia	Demanda	Média Móvel Centrada	Índice
Segunda	50		
Terça	55		
Quarta	52		
Quinta	56	443/7=63,28	56/63,28=0,88
Sexta	65	448/7=64	65/64=1,01
Sábado	80	443/7=63,28	80/63,28=1,26
Domingo	85	449/7=64,14	85/64,14=1,32
Segunda	55	443/7=63,28	55/63,28=0,86
Terça	50	448/7=64	50/64=0,78
Quarta	58	443/7=63,28	58/63,28=0,91
Quinta	50	438/7=62,57	50/62,57=0,79
Sexta	70	435/7=62,14	70/62,14=1,12
Sábado	75	435/7=62,14	75/62,14=1,20
Domingo	80	431/7=61,57	80/61,57=1,29
Segunda	52	441/7=63	52/63=0,82
Terça	50	436/7=62,28	50/62,28=0,80
Quarta	54	446/7=63,71	54/63,71=0,84
Quinta	60	456/7=65,14	60/65,14=0,92
Sexta	65	454/7=64,85	65/64,85=1,00
Sábado	85	457/7=65,28	85/65,28=1,30
Domingo	90	458/7=65,42	90/65,42=1,37
Segunda	50		
Terça	53		
Quarta	55		

Demanda =
Número de
Refeições

$$I_{segunda} = 0,84$$

$$I_{terça} = 0,79$$

$$I_{quarta} = 0,87$$

$$I_{quinta} = 0,86$$

$$I_{sexta} = 1,04$$

$$I_{sábado} = 1,25$$

$$I_{domingo} = 1,32$$

Técnicas para Previsão da Sazonalidade

No caso da demanda do produto apresentar sazonalidade e tendência, há necessidade de se incorporar estas duas características no modelo de previsão. Para se fazer isto, deve-se empregar os seguintes passos:

- Primeiro, retirar o componente de sazonalidade da série de dados históricos, dividindo-os pelos correspondentes índices de sazonalidade;
- Com estes dados, desenvolver uma equação que represente o componente de tendência;
- Com a equação da tendência fazer a previsão da demanda e multiplicá-la pelo índice de sazonalidade.

Previsão de Tendência & Sazonalidade

- Exemplo: No caso do Restaurante, considere uma tendência dada pela equação: $Y = 40 + 2X$.
- Deseja-se a previsão da demanda para uma semana onde a 2a. Feira é o 18o. Dia.
- Solução: $D(2a.) = (40 + 2.18).0,84 = 63,84$
 $D(3a.) = (40 + 2.19).0,79 = 61,62$
 $D(4a.) = (40 + 2.20).0,87 = 69,60$
 $D(5a.) = (40 + 2.21).0,86 = 70,52$
 $D(6a.) = (40 + 2.22).1,04 = 87,36$
 $D(sab.) = (40 + 2.23).1,25 = 107,50$
 $D(dom) = (40 + 2.24).1,32 = 116,16$

Metodologias de Seleção de Modelo

Seleção a Priori

Técnica	Características da serie	Tamanho do histórico necessário	Complexidade de implementação
MMS ou AES	Sem tendência Sem sazonalidade	Pequeno	Baixa
MMD ou AED	Com tendência Sem sazonalidade	Pequeno	Baixa
Método de Holt	Com tendência Sem sazonalidade	Pequeno	Media
Método de Winter	Com tendência Com sazonalidade	Médio	Media
Decomposição Clássica	Com tendência Com sazonalidade	Grande	Alta

Metodologia de Seleção de Modelo

Seleção pela Precisão

- *Mean Absolute Deviation* (MAD)

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |R_t - P_t|}{n}$$

Onde: R_t Valores reais de venda

P_t Valores Previstos

n Número de períodos de previsão

- Evita o problema de um erro negativo cancelar o positivo

Metodologia de Seleção de Modelo

Seleção pela Precisão

-*Mean Percentual Error* (MPE)

$$MPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{(R_t - P_t)}{R_t}}{n}$$

Onde: R_t Valores reais de venda

P_t Valores Previstos

n Número de períodos de previsão

Mede se os valores previstos estão sistematicamente acima ou abaixo das vendas reais:

- Se o valor de MPE for positivo, tem-se que a previsão está frequentemente abaixo da venda real;
- Se o valor de MPE for negativo, tem-se que a previsão está frequentemente acima da venda real.

Metodologia de Seleção de Modelo

Seleção pela Precisão

- *Mean Absolute Percentual Error* (MAPE)

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|R_t - P_t|}{R_t}}{n}$$

Onde: R_t = Valores reais de venda

P_t = Valores Previstos

n = Número de períodos de previsão

- Avalia a magnitude do erro com relação à serie histórica

Metodologia de Seleção de Modelo

Seleção pela Precisão

- (*Rooted*) *Mean Squared Error* - (R)MSE

$$RMSE = \sqrt{\sum_{t=1}^n \frac{(R_t - P_t)^2}{n}}$$

Onde: R_t = Valores reais de venda

P_t = Valores Previstos

n = Número de períodos de previsão

- Os grandes erros se destacam devido ao cálculo da média ao quadrado
- Mas os erros *outliers* receberão grande significância (deveriam ser desconsiderados)
- MSE : erros avaliados na unidade ao quadrado
- RMSE – Raiz quadrado MSE

Modelos Causais

- Regressão Linear Simples
- Regressão Linear Múltipla

Previsões Baseadas em Regressões

Buscam prever a demanda de determinado produto a partir da previsão de outra variável (interna ou externa à empresa) que esteja relacionada com o produto.

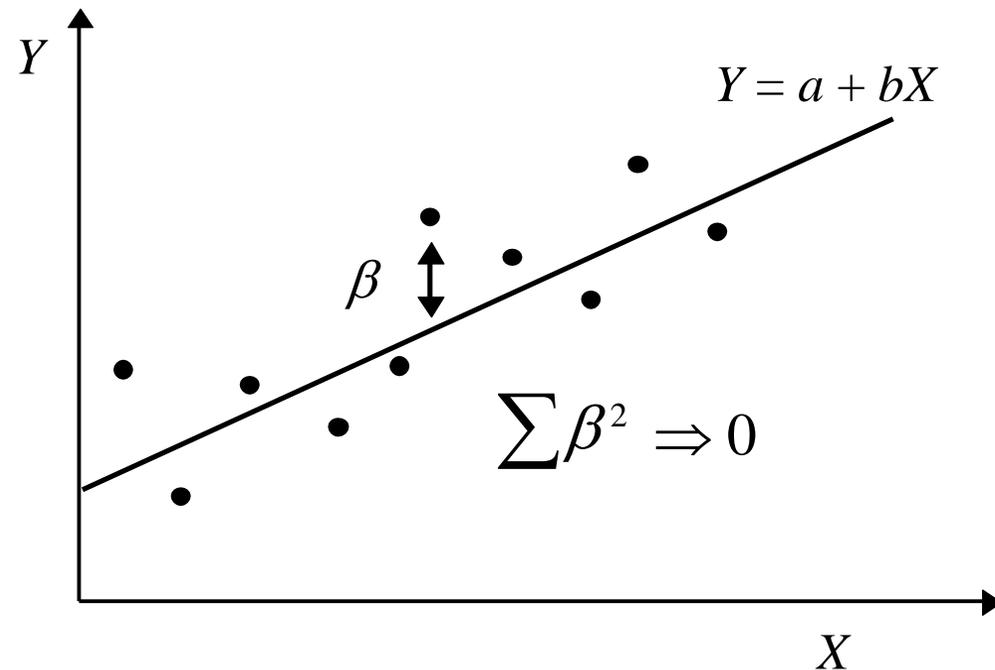
- Exemplo: Pneus e Carros, Vidros planos e Construção Civil

O objetivo da regressão linear simples consiste em encontrar uma equação linear de previsão, do tipo $Y = a + bX$ (onde Y é a variável dependente a ser prevista e X a variável independente da previsão), de forma que a soma dos quadrados dos erros de previsão (β) seja a mínima possível. Este método também é conhecido como “regressão dos mínimos quadrados”.

Previsões Baseadas em Regressões

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y - b(\sum X)}{n}$$



Regressão Linear

- Uma equação linear possui o seguinte formato:

$$Y = a + bX$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y - b(\sum X)}{n}$$

Y = Variável Dependente;

a = Intercepto no eixo da variável Independente (Y);

b = Coeficiente angular;

X = variável Independente;

n = número de períodos observados.

Regressão Linear - Exemplo

Semana(X)	Demanda(Y)	$\sum X$	$\sum X^2$	XY
1	450	1	1	450
2	430	3	5	860
3	470	6	14	1410
4	480	10	30	1920
5	450	15	55	2250
6	500	21	91	3000
7	520	28	140	3640
8	530	36	204	4240
\sum	3830			17770

$$b = \frac{8 \cdot 17770 - 36 \cdot 3830}{8 \cdot 204 - 36 \cdot 36} = \frac{4280}{336} = 12,73$$

$$Y = 421,46 + 12,73 X$$

$$a = \frac{3830 - 12,73 \cdot 36}{8} = 421,46$$

Previsões Baseadas em Regressões

Uma cadeia de fastfood verificou que as vendas mensais de refeições em suas casas estão relacionadas ao número de alunos matriculados em escolas situadas num raio de 2 quilômetros em torno da casa. A empresa pretende instalar uma nova casa numa região onde o número de alunos é de 13750. Qual a previsão da demanda para esta nova casa?

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} = \frac{13 \cdot 1663,3}{13 \cdot 1663,3} = 2,99$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} = \frac{13 \cdot 1663,3 - 2,99 \cdot 13 \cdot 1663,3}{13} = 1,757$$

$$Y = 1,757 + 2,99X$$

$$Y = 1,757 + 2,99 \cdot 13,75 = 42,869 \text{ ou seja } 42.869 \text{ refeições}$$

Previsões Baseadas em Regressões

Vendas/Loja *Versus* Número de Alunos

Vendas por Casa Y (mil)	Número de Alunos X (mil)	XY	Y ²	X ²
31,56	10,00	315,60	996,03	100,00
38,00	12,00	456,00	1.444,00	144,00
25,25	8,00	202,00	637,56	64,00
47,20	15,00	708,00	2.227,84	225,00
22,00	6,50	143,00	484,00	42,25
34,20	11,00	376,20	1.169,64	121,00
45,10	14,50	653,95	2.034,01	210,25
32,30	10,10	326,23	1.043,29	102,01
29,00	9,20	266,80	841,00	84,64
40,90	13,40	548,06	1.672,81	179,56
40,00	12,70	508,00	1.600,00	161,29
24,20	7,60	183,92	585,64	57,76
41,00	13,10	537,10	1.681,00	171,61
$\Sigma Y = 450,71$	$\Sigma X = 143,10$	$\Sigma X \cdot Y = 5.224,86$	$\Sigma Y^2 = 1.6416,82$	$\Sigma X^2 = 1.663,37$

Vendas Mensais em Lojas de uma Cadeia de Fastfood

Previsões Baseadas em Regressões

- Medida da Correlação entre duas Variáveis:

$$r = \frac{n \left(\sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n X \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n Y \right)}{\sqrt{n \left(\sum_{i=1}^n X^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n X \right)^2} \cdot \sqrt{n \left(\sum_{i=1}^n Y^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n Y \right)^2}}$$

$$r = \frac{13 \cdot (5.224,86) - (143,10) \cdot (450,71)}{\sqrt{13 \cdot (1.663,37) - (143,10)^2} \cdot \sqrt{13 \cdot (16.416,82) - (450,71)^2}} = 0,9$$



Obtenção das Previsões

Com a definição da técnica de previsão e a aplicação dos dados passados para obtenção dos parâmetros necessários, podemos obter as projeções futuras da demanda. Quanto maior for o horizonte pretendido, menor a confiabilidade na demanda prevista.

- À medida em que as previsões forem sendo alcançadas pela demanda real, deve-se monitorar a extensão do erro entre a demanda real e a prevista, para verificar se a técnica e os parâmetros empregados ainda são válidos.
- Em situações normais, um ajuste nos parâmetros do modelo, para que reflita as tendências mais recentes, é suficiente.



Manutenção e Monitorização do Modelo

Uma vez decidida a técnica de previsão e implantado o modelo, há necessidade de acompanhar o desempenho das previsões e confirmar a sua validade perante a dinâmica atual dos dados.

Esta monitorização é realizada através do cálculo e acompanhamento do erro da previsão, que é a diferença que ocorre entre o valor real da demanda e o valor previsto pelo modelo para um dado período.

A manutenção e monitorização de um modelo de previsão confiável busca:

- Verificar a acuracidade dos valores previstos;
- Identificar, isolar e corrigir variações anormais;
- Permitir a escolha de técnicas, ou parâmetros, mais eficientes.

Manutenção e Monitorização do Modelo

Uma forma de acompanhar o desempenho do modelo consiste em verificar o comportamento do erro acumulado que deve tender a zero, pois espera-se que o modelo de previsão gere, aleatoriamente, valores acima e abaixo dos reais, devendo assim se anular.

- O erro acumulado deve ser comparado com um múltiplo do desvio médio absoluto, conhecido como MAD - *Mean Absolute Deviation*.
- Em geral, compara-se o valor do erro acumulado com o valor de 4 MAD. Quando ultrapassar este valor, o problema deve ser identificado e o modelo deve ser revisto.

$$MAD = \frac{\sum |D_{atual} - D_{prevista}|}{n}$$

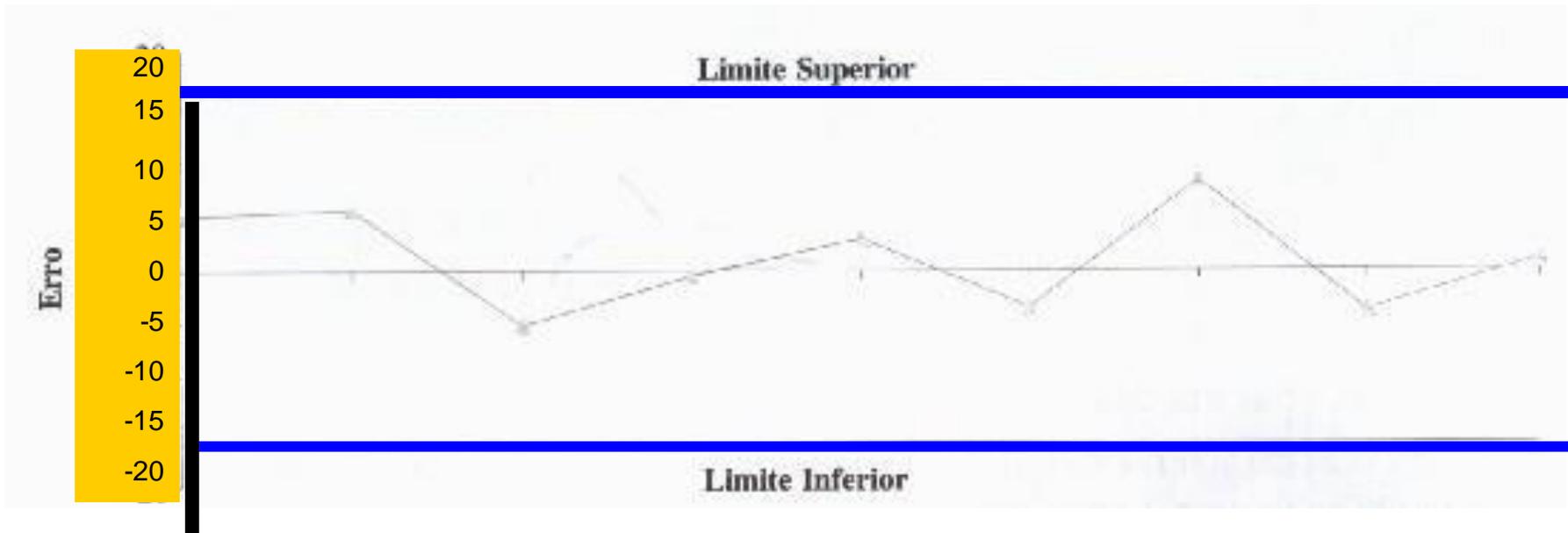
Manutenção e Monitorização do Modelo

Período	D_{atual}	$\alpha = 0,10$		$\alpha = 0,50$	
		$D_{prevista}$	$Erro$	$D_{prevista}$	$Erro$
1	90	-	-	-	-
2	95	90,00	5,00	90,00	5,00
3	98	90,50	7,50	92,50	5,50
4	90	91,25	-1,25	95,25	-5,25
5	92	91,12	0,88	92,62	-0,62
6	95	91,20	3,80	92,31	2,69
7	90	91,58	-1,58	93,65	-3,65
8	100	91,42	8,58	91,82	8,18
9	92	92,27	-0,27	95,91	-3,91
10	95	92,25	2,75	93,95	1,05
		$\sum Erro = 25,41$		$\sum Erro = 8,99$	
		$MAD = 31,61/9 = 3,51$		$MAD = 35,85/9 = 3,98$	

- Para $\alpha = 0,10$, tem-se que: $4 \cdot 3,51 = 14,04 < 25,41$;
- Para $\alpha = 0,50$, tem-se que: $4 \cdot 3,98 = 15,92 > 8,99$.

Manutenção e Monitorização do Modelo

Gráfico de Controle para o Erro de Previsão



Manutenção e Monitorização do Modelo

Outros Erros de Previsão:

- MSE – *Mean Square Error*

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n} = \frac{\sum (\text{Erros de Previsão})^2}{n}$$

- MAPE – *Mean Absolute Percent Error*

$$MAPE = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|Real_i - Previsto_i|}{Real_i}}{n}$$

- TS - *Tracking Signal*

$$TS = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{MAD} = \frac{\sum |\text{Erro de Previsão}|}{MAD}$$

Manutenção e Monitorização do Modelo

Uma série de fatores pode afetar o desempenho de um modelo de previsão, sendo que os mais comuns são:

- A técnica de previsão pode estar sendo usada incorretamente, ou sendo mal interpretada;
- A técnica de previsão perdeu a validade devido à mudança em uma variável importante, ou devido ao aparecimento de uma nova variável;
- Variações irregulares na demanda podem ter acontecido em função de greves, formação de estoques temporários, catástrofes naturais, etc.
- Ações estratégicas da concorrência, afetando a demanda;
- Variações aleatórias inerentes aos dados da demanda.