

# APLICAÇÃO DE SÉRIES TEMPORAIS PARA O PLANEJAMENTO DE CAPACIDADE DE PRODUTOS COM TENDÊNCIA E SAZONALIDADE

Augusto Gonçalves Ribeiro  
José Luiz da Silva

## Resumo

A atividade de planejamento da capacidade é de grande importância dentro do processo de planejamento estratégico de empresas de capital intensivo. Um dos pré-requisitos para um bom planejamento da capacidade é dispor de um sistema de previsão de demanda consistente. O objetivo deste artigo é comparar o desempenho de modelos estatísticos de séries temporais para o planejamento da previsão da demanda de empresas no ramo da cervejaria que apresentam sazonalidade do produto. Para esta finalidade, foram criadas tabelas e gráficos com dados fictícios com base nos últimos 36 meses de uma organização qualquer. As séries temporais de demanda, por seu lado, são geradas a partir de tendências e sazonalidades definidas, sobre as quais se acrescenta o componente irregular aleatório. Simulações são utilizadas na busca do melhor modelo de previsão de demanda, a cada série temporal, para gerar as previsões do modelo. Suavização Exponencial Simples, o Método Linear de Holt e o Método de Tendências e Sazonalidade de Holt–Winters são os modelos de previsão utilizados nesta seleção.

**Palavras Chave:** previsão de demanda, planejamento da capacidade, sazonalidade

## 1. Introdução

Previsões de demanda desempenham um papel-chave em diversas áreas da gestão de organização, haja vista a necessidade da empresa em projetar suas necessidades de recursos – materiais, humanos e tecnológicos.

Talvez mais do que em qualquer outra área de uma organização, previsões de demanda são essenciais na operacionalização de diversos aspectos do gerenciamento da produção. Alguns exemplos são a gestão de estoques, o desenvolvimento de planos agregados de produção e a visibilidade de estratégias de gerenciamento de materiais como o MRP (*Material Requirements Planning – Planejamento das Necessidades de Materiais*). Para o gerenciamento de uma gama maior de recursos existe hoje, o ERP (*Enterprise Resources Planning – Planejamento das Necessidades Empresariais*). Desta forma, técnicas estatísticas para modelagem de dados de demanda têm merecido a atenção de engenheiros e gerentes de produção.

O único problema são os altos custos destes programas para o gerenciamento dos recursos de produção, sendo utilizados, geralmente, em empresas de grande porte. Com a finalidade de criar programas mais econômicos para o monitoramento dos recursos desde o suprimento até distribuição física, este estudo foi projetado para modelar estatisticamente soluções para o planejamento da capacidade, envolvendo para isto, o nível de utilização e eficiência da empresa.

Previsões de demanda são elaboradas utilizando: métodos quantitativos, métodos qualitativos, combinações de métodos quantitativos e qualitativos.

Os métodos quantitativos utilizam dados históricos para prever a demanda em períodos futuros. A previsão da demanda requer modelos matemáticos a partir

dos dados disponíveis, ou seja, a partir de dados que descrevem a variação da demanda ao longo do tempo.

Métodos qualitativos baseiam-se em opiniões de especialistas, os quais se fundamentam no julgamento de executivos, apreciação do pessoal de vendas e expectativas dos consumidores. Os métodos qualitativos têm sido, historicamente, os mais utilizados na previsão da demanda. Tais métodos costumam apresentar um baixo grau de precisão; apesar disto, continuam sendo amplamente utilizados nas empresas, mesmo com a difusão de métodos quantitativos mais avançados, impulsionada pelo avanço na capacidade de processamento e armazenamento de dados construção de computacionais. A utilização dos métodos qualitativos parece estar relacionada ao fato de previsões por eles geradas corresponderem às metas de demandas estabelecidas pelas empresas. A escassa fundamentação teórica dessas previsões pode explicar, em grande parte, a baixa acurácia dos métodos qualitativos de previsão.

O artigo consiste na elaboração de uma metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda. Esta metodologia, será ilustrada em partes, através de uma base de dados fictícios de uma empresa de cervejaria qualquer. Pretende-se fazer um estudo comparativo entre técnicas de previsão de demanda, com vistas à determinação daquela que melhor se adéqüe ao perfil de demanda da empresa. Para tanto, serão necessários conhecimentos sobre modelagem estatística de dados temporais. E finalmente será feito o planejamento da capacidade para efetuar a demanda projetada.

## **2. Metodologia**

A classe de fenômenos cujo processo observacional e conseqüente quantificação numérica gera uma seqüência de dados distribuídos no tempo é denominada *série temporal* (SOUZA,1989).

A natureza de uma série temporal e a estrutura de seu mecanismo gerador estão relacionadas com o intervalo de ocorrência das observações no tempo (ANDERSON, 1971). Caso o levantamento das observações da série possa ser

feito a qualquer momento do tempo, a série temporal é dita *contínua*, sendo denotada por  $x^{(t)}$  (GRANGER, 1977). Entretanto, de acordo com (GRANGER, 1977) e (NELSON, 1973), na maioria das séries, as observações são tomadas em intervalos de tempo discretos e eqüidistantes.

Uma série temporal *discreta* pode ser representada por  $X^T = \{ x_1, x_2, \dots, x_T \}$ , sendo que cada observação discreta  $x_t$  está associada a um instante de tempo distinto, existindo uma relação de dependência serial entre essas observações (SOUZA, 1989).

GRANGER (1977) coloca como objetivo inicial da análise de séries temporais a realização de inferências sobre as propriedades ou características básicas do mecanismo gerador do processo estocástico das observações da série. Assim, através da abstração de regularidades contidas nos fenômenos observáveis de uma série temporal existe a possibilidade de se construir um modelo matemático como uma representação simplificada da realidade (BARBANCHO, 1970).

Segundo Barbancho (1970), uma previsão é uma manifestação relativa a sucessos desconhecidos em um futuro determinado. A previsão não constitui um fim em si, mas um meio de fornecer informações e subsídios para uma conseqüente tomada de decisão, visando atingir determinados objetivos (MORETTIN, 1981).

Considerando um conjunto de observações de uma série temporal coletadas até o instante  $t$  e de um modelo que represente esses fenômenos, a previsão do valor da série no tempo  $t+h$  pode ser obtida.

Para (SOUZA, 1989), a garantia da otimização das previsões de uma série temporal somente é alcançada adotando como horizonte de previsão o instante de tempo imediatamente subseqüente à origem  $t$ .

Os métodos de previsão de séries temporais, classificados como métodos quantitativos, baseiam suas previsões na extrapolação de características de observações passadas e no inter-relacionamento entre essas observações, fornecendo previsões acuradas se o futuro apresentar comportamento similar ao passado (WHEELWRIGHT, 1985).

Os métodos de decomposição assumem que uma série temporal é constituída por um conjunto de componentes não-observáveis (SOUZA, 1989). Dessa forma, pela identificação das componentes individuais presentes no padrão

básico da série histórica de dados (tendência, ciclo, sazonalidade e aleatoriedade), a extrapolação para o futuro pode ser realizada (WHEELWRIGTH, 1985) e expressada através da equação (3.1).

$$x_t = f(S_t, T_t, C_t, E_t) \quad (3.1)$$

onde  $S_t$  corresponde à componente sazonal para o período  $t$ ,

$T_t$  é a componente de tendência no período  $t$ ,

$C_t$  é a componente de ciclo no período  $t$  e

$E_t$  é a componente aleatória no período  $t$ .

Segundo (MORETTIN, 1981), a componente sazonal representa as flutuações da série de acordo com algum fator de sazonalidade. O ciclo apresenta um comportamento similar à componente sazonal, embora tenha normalmente comprimento maior que aquela. Justamente pelo fato de não apresentar duração uniforme, a identificação da componente ciclo é mais problemática. A tendência representa o aumento ou declínio gradual nos valores das observações de uma série temporal. Com a remoção das componentes de sazonalidade, ciclo e tendência, a componente aleatória fica determinada (WHEELWRIGTH, 1985).

## **2.1 Suavização Exponencial Simples**

A princípio, o método conhecido como Suavização Exponencial Simples se assemelha ao da Média Móvel por extrair das observações da série temporal o comportamento aleatório pela suavização dos dados históricos. Entretanto, a inovação introduzida pela Suavização Exponencial Simples advém do fato de este método atribuir pesos diferentes a cada observação da série. Enquanto que na Média Móvel as observações usadas para encontrar a previsão do valor futuro contribuem em igual proporção para o cálculo dessa previsão, na Suavização Exponencial Simples as informações mais recentes são evidenciadas pela aplicação de um fator que determina essa importância (WHEELWRIGTH, 1985). Segundo Wheelwright (1985), o argumento para o tratamento diferenciado das observações da série temporal é fundamentado na suposição de que as últimas observações contêm mais informações sobre o futuro e, portanto, são mais relevantes para a previsão.

(WHEELWRIGTH, 1985) especifica o método Suavização Exponencial Simples através da equação (3.3).

$$F_{t+1} = \alpha x_t + (1 - \alpha) F_t \quad (3.3)$$

onde  $F_{t+1}$  representa a previsão no tempo  $t + 1$  e

$\alpha$  é o peso atribuído à observação  $x_t$ ,  $0 < \alpha < 1$ .

De acordo com Morettin (1981) e Granger (1977), o valor assumido por  $\alpha$  determina o ajuste aplicado aos dados. Quanto menor o valor da constante, mais estáveis serão as previsões, visto que a utilização de baixo valor de  $\alpha$  implica na atribuição de peso maior às observações passadas e, conseqüentemente, qualquer flutuação aleatória no presente contribui com menor importância para a obtenção da previsão. Contudo, não há metodologia que oriente quanto à seleção de um valor apropriado para  $\alpha$ , sendo normalmente encontrado por tentativa e erro (WHEELWRIGTH, 1985). Um procedimento mais objetivo seria a seleção do valor de  $\alpha$  que forneça a "melhor previsão das observações contidas na série temporal" (MORETTIN, 1981).

## 2.2 Suavização Exponencial com Tendência

Quando o método Suavização Exponencial Simples é aplicado na previsão de séries temporais que apresentam tendência entre as observações passadas, os valores prognosticados superestimam (ou subestimam) os valores reais (MORETTIN, 1981). Desta forma, a acuidade das previsões fica prejudicada.

Para evitar esse erro sistemático, o método Suavização Exponencial com Tendência foi desenvolvido procurando reconhecer a presença de tendência na série de dados (WHEELWRIGTH, 1985). O valor da previsão obtido através deste método é alcançado pela aplicação da equação (3.4).

$$F_{t+m} = S_t + mT_t \quad (3.4)$$

onde  $S_t$  corresponde à previsão no tempo  $t$ , conforme equação (3.5);

$T_t$  representa a componente de tendência, obtida pela equação (3.6) e

$m$  é o horizonte de previsão.

$$S_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.5)$$

onde  $\alpha$  é o peso atribuído à observação  $x_t$ ,  $0 < \alpha < 1$ .

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3.6)$$

onde  $\beta$  é o coeficiente de suavização, análogo a  $\alpha$ .

### 2.3 Suavização Exponencial com tendência e sazonalidade Winter-Holts

Este método produz resultados similares ao de Suavização Exponencial Linear ou Tendencial, sendo, no entanto, capaz de manipular séries temporais que além de apresentarem tendência nos dados, apresentam também sazonalidade (WHEELWRIGTH, 1985).

As equações (3.7), (3.8), (3.9) e (3.10) definem o referido método de previsão.

$$S_t = \alpha \frac{x_t}{I_{t-l}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.7)$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3.8)$$

$$I_t = \gamma \frac{x_t}{S_t} + (1 - \gamma)I_{t-l} \quad (3.9)$$

$$F_{t+m} = (S_t + mT_t)I_{t-l+m} \quad (3.10)$$

onde  $I_t$  corresponde ao suavização do fator de sazonalidade  $\frac{x_t}{S_t}$ ;

$l$  é o intervalo da sazonalidade e

$\gamma$  corresponde ao peso atribuído ao fator de sazonalidade.

### 3. Análise dos resultados

Uma série temporal de 36 meses de demanda foi tabelada no programa Excel com as devidas fórmulas para cada tipo de suavização exponencial apresentada no estudo – Simples (Tabela 1 e Gráfico 1), Tendencial (Tabela 2 e Gráfico) e Sazonal (Tabela 3 e Gráfico 3). Estes dados foram gerados também em gráficos para melhor visualização das informações sobre a demanda e a previsão. O planejamento da capacidade foi feito logo a seguir, objetivando procurar suplantiar as previsões da demanda anteriores em todos os métodos utilizados. Para calcular esta capacidade, utilizou-se das taxas de utilização e eficiência, a 85% e 90%, respectivamente. De acordo com Quelhas (2008), “a utilização é a razão entre a capacidade esperada e a capacidade projetada”, assim tem-se uma margem de 15% para trabalhar a produção. Já, a “eficiência é a razão medida entre a capacidade de fato disponibilizada e a capacidade esperada ou efetiva”. Também poderá ser aumentada a eficiência, caso seja necessário.

## Suavização Exponencial Simples

alfa 0,1

utilização 0,85

eficiencia 0,90

| Tempo | Demanda | Base | Previsão | Erro  | Erro %  | Capacidade |
|-------|---------|------|----------|-------|---------|------------|
|       |         | 3506 |          |       |         |            |
| 1     | 3550    | 3510 | 3510     | -40   | 0,99    | 3717       |
| 2     | 3950    | 3554 | 3554     | -396  | 0,90    | 3763       |
| 3     | 2900    | 3489 | 3489     | 589   | 1,20    | 3694       |
| 4     | 2850    | 3425 | 3425     | 575   | 1,20    | 3627       |
| 5     | 2750    | 3358 | 3358     | 608   | 1,22    | 3555       |
| 6     | 2650    | 3287 | 3287     | 637   | 1,24    | 3480       |
| 7     | 2500    | 3208 | 3208     | 708   | 1,28    | 3397       |
| 8     | 2600    | 3147 | 3147     | 547   | 1,21    | 3332       |
| 9     | 2775    | 3110 | 3110     | 335   | 1,12    | 3293       |
| 10    | 2950    | 3094 | 3094     | 144   | 1,05    | 3276       |
| 11    | 3150    | 3100 | 3100     | -50   | 0,98    | 3282       |
| 12    | 3350    | 3125 | 3125     | -225  | 0,93    | 3308       |
| 13    | 3850    | 3197 | 3197     | -653  | 0,83    | 3385       |
| 14    | 4350    | 3312 | 3312     | -1038 | 0,76    | 3507       |
| 15    | 3400    | 3321 | 3321     | -79   | 0,98    | 3517       |
| 16    | 3450    | 3334 | 3334     | -116  | 0,97    | 3530       |
| 17    | 3350    | 3336 | 3336     | -14   | 1,00    | 3532       |
| 18    | 3200    | 3322 | 3322     | 122   | 1,04    | 3518       |
| 19    | 3000    | 3290 | 3290     | 290   | 1,10    | 3483       |
| 20    | 3150    | 3276 | 3276     | 126   | 1,04    | 3469       |
| 21    | 3250    | 3273 | 3273     | 23    | 1,01    | 3466       |
| 22    | 3550    | 3301 | 3301     | -249  | 0,93    | 3495       |
| 23    | 3950    | 3366 | 3366     | -584  | 0,85    | 3564       |
| 24    | 4250    | 3454 | 3454     | -796  | 0,81    | 3658       |
| 25    | 4500    | 3559 | 3559     | -941  | 0,79    | 3768       |
| 26    | 4850    | 3688 | 3688     | -1162 | 0,76    | 3905       |
| 27    | 3975    | 3717 | 3717     | -258  | 0,94    | 3935       |
| 28    | 3600    | 3705 | 3705     | 105   | 1,03    | 3923       |
| 29    | 3500    | 3685 | 3685     | 185   | 1,05    | 3901       |
| 30    | 3350    | 3651 | 3651     | 301   | 1,09    | 3866       |
| 31    | 3050    | 3591 | 3591     | 541   | 1,18    | 3802       |
| 32    | 3350    | 3567 | 3567     | 217   | 1,06    | 3777       |
| 33    | 3450    | 3555 | 3555     | 105   | 1,03    | 3764       |
| 34    | 4275    | 3627 | 3627     | -648  | 0,85    | 3841       |
| 35    | 4650    | 3729 | 3729     | -921  | 0,80    | 3949       |
| 36    | 4950    | 3852 | 3852     | -1098 | 0,78    | 4078       |
| Soma  | 126225  |      | 123115   |       |         | 130358     |
| Média | 3506    | Erro | -3110    |       | Estoque | 4133       |

Tabela 1 – Suavização Exponencial Simples

Nesta tabela, a previsão baseia-se na demanda a partir da média do período de 36 meses que foi igual a 3506 unidades do produto, embora, poder-se-ia ter sido efetuado em 12 meses, neste caso de suavização simples. Durante este período, houve um erro de 3110, ou seja, falta de produtos. Com o planejamento da capacidade, obteve-se um estoque de 4133 itens, suplantando as necessidades da demanda.

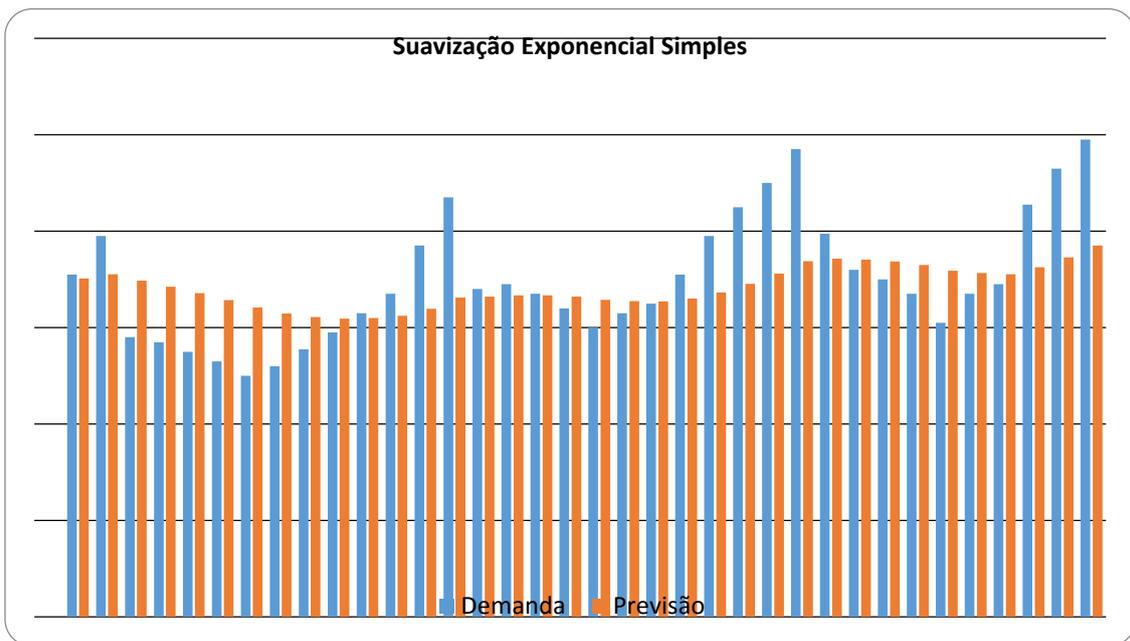


Gráfico 1 – Suavização Exponencial Simples

Neste gráfico, observa-se que a previsão segue-se quase que linearmente devido ao método utilizado, haja vista a não previsão de tendências ou sazonalidades. Sendo assim, pode se notar que, nos períodos de maior venda das cervejas, isto é, durante os meses de dezembro a março que representa o verão no hemisfério sul, a previsão fica abaixo da demanda necessária. Com o planejamento da capacidade, consegue-se um estoque no final do período capaz de sustentar o mês seguinte.

### Suavização Exponencial com Tendência

alfa 0,2  
beta 0,1

utilização 0,85  
eficiência 0,90

| Tempo | Demanda | Base | Tendência | Previsão | Erro  | Erro % | Capacidade |
|-------|---------|------|-----------|----------|-------|--------|------------|
|       |         | 3506 | 2         |          |       |        |            |
| 1     | 3550    | 3516 | 3         | 3519     | -31   | 0,99   | 3726       |
| 2     | 3950    | 3605 | 11        | 3617     | -333  | 0,92   | 3830       |
| 3     | 2900    | 3473 | -3        | 3471     | 571   | 1,20   | 3675       |
| 4     | 2850    | 3346 | -15       | 3331     | 481   | 1,17   | 3527       |
| 5     | 2750    | 3215 | -27       | 3188     | 438   | 1,16   | 3376       |
| 6     | 2650    | 3080 | -38       | 3043     | 393   | 1,15   | 3222       |
| 7     | 2500    | 2934 | -49       | 2886     | 386   | 1,15   | 3055       |
| 8     | 2600    | 2829 | -54       | 2774     | 174   | 1,07   | 2937       |
| 9     | 2775    | 2774 | -54       | 2720     | -55   | 0,98   | 2880       |
| 10    | 2950    | 2766 | -50       | 2717     | -233  | 0,92   | 2876       |
| 11    | 3150    | 2803 | -41       | 2762     | -388  | 0,88   | 2925       |
| 12    | 3350    | 2880 | -29       | 2851     | -499  | 0,85   | 3018       |
| 13    | 3850    | 3050 | -9        | 3041     | -809  | 0,79   | 3220       |
| 14    | 4350    | 3303 | 17        | 3320     | -1030 | 0,76   | 3515       |
| 15    | 3400    | 3336 | 19        | 3355     | -45   | 0,99   | 3552       |
| 16    | 3450    | 3374 | 20        | 3394     | -56   | 0,98   | 3594       |
| 17    | 3350    | 3385 | 20        | 3405     | 55    | 1,02   | 3605       |
| 18    | 3200    | 3364 | 15        | 3379     | 179   | 1,06   | 3578       |
| 19    | 3000    | 3303 | 8         | 3311     | 311   | 1,10   | 3506       |
| 20    | 3150    | 3279 | 5         | 3284     | 134   | 1,04   | 3477       |
| 21    | 3250    | 3277 | 4         | 3281     | 31    | 1,01   | 3474       |
| 22    | 3550    | 3335 | 9         | 3344     | -206  | 0,94   | 3541       |
| 23    | 3950    | 3465 | 21        | 3487     | -463  | 0,88   | 3692       |
| 24    | 4250    | 3639 | 37        | 3676     | -574  | 0,86   | 3892       |
| 25    | 4500    | 3841 | 53        | 3894     | -606  | 0,87   | 4123       |
| 26    | 4850    | 4085 | 72        | 4158     | -692  | 0,86   | 4402       |
| 27    | 3975    | 4121 | 69        | 4190     | 215   | 1,05   | 4436       |
| 28    | 3600    | 4072 | 57        | 4129     | 529   | 1,15   | 4372       |
| 29    | 3500    | 4003 | 44        | 4047     | 547   | 1,16   | 4285       |
| 30    | 3350    | 3908 | 30        | 3938     | 588   | 1,18   | 4170       |
| 31    | 3050    | 3761 | 13        | 3773     | 723   | 1,24   | 3995       |
| 32    | 3350    | 3689 | 4         | 3693     | 343   | 1,10   | 3910       |
| 33    | 3450    | 3644 | -1        | 3643     | 193   | 1,06   | 3858       |
| 34    | 4275    | 3770 | 12        | 3782     | -493  | 0,88   | 4004       |
| 35    | 4650    | 3955 | 29        | 3985     | -665  | 0,86   | 4219       |
| 36    | 4950    | 4178 | 49        | 4226     | -724  | 0,85   | 4475       |
| Soma  | 126225  |      |           | 124614   | -1611 |        | 131944     |
| Média | 3506    |      | Estoque   | -1611    |       |        | 5719       |

Tabela 2 – Suavização Exponencial com Tendência

Nesta tabela, além da base inicial que foi também considerada uma média da demanda, houve uma necessidade de uma segunda variável, que reflete o crescimento da demanda de um período para o outro. Esta variável, assim como a base, será atualizada exponencialmente e aplicada no cálculo da previsão. Neste exemplo, pode se verificar que o erro ou a diferença entre a quantidade prevista e a demandada diminui neste método (de 3110 para 1611), haja vista a utilização de uma nova variável de suavização.

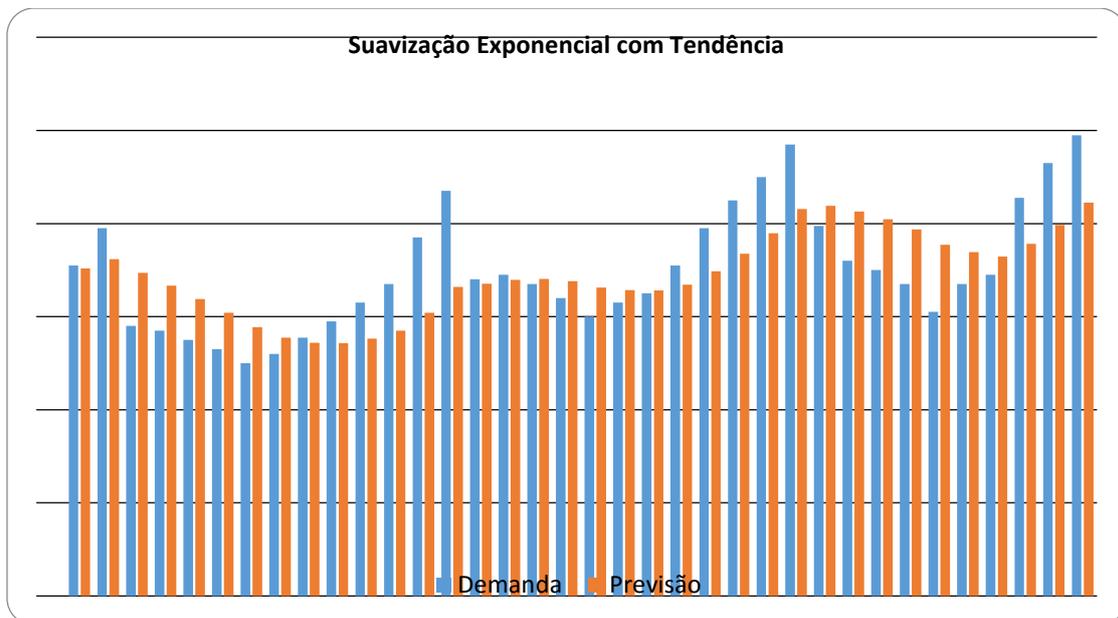


Gráfico 2 – Suavização Exponencial com Tendência

Com este método, houve uma melhor suavização em relação da previsão com a demanda, embora ainda haja picos sazonais. Contudo, o planejamento da capacidade também suplantou a previsão dos itens. A utilização dos estoques anteriores soluciona a falta de produtos para o período seguinte.

### Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade

|      |     |
|------|-----|
| alfa | 0,3 |
| beta | 0,2 |
| gama | 0,1 |

|            |      |
|------------|------|
| utilização | 0,85 |
| eficiencia | 0,90 |

| Tempo | Demanda | Base | Tend. | Sazonal. | Previsão | Erro | Erro % | Capacidade |
|-------|---------|------|-------|----------|----------|------|--------|------------|
|       |         | 3506 | 2     | 0,99     |          |      |        |            |
| 1     | 3550    | 3532 | 7     | 0,99     | 3501     | -49  | 0,99   | 3707       |
| 2     | 3950    | 3664 | 32    | 1,00     | 3690     | -260 | 0,93   | 3907       |
| 3     | 2900    | 3473 | -13   | 0,98     | 3398     | 498  | 1,17   | 3598       |
| 4     | 2850    | 3304 | -44   | 0,97     | 3162     | 312  | 1,11   | 3348       |
| 5     | 2750    | 3141 | -68   | 0,96     | 2952     | 202  | 1,07   | 3125       |
| 6     | 2650    | 2985 | -85   | 0,95     | 2764     | 114  | 1,04   | 2927       |
| 7     | 2500    | 2822 | -101  | 0,95     | 2576     | 76   | 1,03   | 2727       |
| 8     | 2600    | 2728 | -99   | 0,95     | 2490     | -110 | 0,96   | 2636       |
| 9     | 2775    | 2712 | -83   | 0,95     | 2510     | -265 | 0,90   | 2658       |
| 10    | 2950    | 2756 | -57   | 0,97     | 2608     | -342 | 0,88   | 2761       |
| 11    | 3150    | 2854 | -27   | 0,98     | 2771     | -379 | 0,88   | 2934       |
| 12    | 3350    | 2990 | 6     | 0,99     | 2978     | -372 | 0,89   | 3153       |
| 13    | 3850    | 3237 | 54    | 1,01     | 3336     | -514 | 0,87   | 3532       |
| 14    | 4350    | 3565 | 109   | 1,03     | 3800     | -550 | 0,87   | 4024       |
| 15    | 3400    | 3566 | 87    | 1,03     | 3749     | 349  | 1,10   | 3970       |
| 16    | 3450    | 3572 | 71    | 1,02     | 3717     | 267  | 1,08   | 3935       |
| 17    | 3350    | 3543 | 51    | 1,01     | 3639     | 289  | 1,09   | 3853       |
| 18    | 3200    | 3472 | 27    | 1,00     | 3511     | 311  | 1,10   | 3718       |
| 19    | 3000    | 3356 | -2    | 0,99     | 3329     | 329  | 1,11   | 3525       |
| 20    | 3150    | 3304 | -12   | 0,99     | 3254     | 104  | 1,03   | 3446       |
| 21    | 3250    | 3290 | -12   | 0,99     | 3241     | -9   | 1,00   | 3431       |
| 22    | 3550    | 3365 | 5     | 1,00     | 3354     | -196 | 0,94   | 3551       |
| 23    | 3950    | 3535 | 38    | 1,01     | 3600     | -350 | 0,91   | 3812       |
| 24    | 4250    | 3751 | 74    | 1,02     | 3902     | -348 | 0,92   | 4131       |
| 25    | 4500    | 3987 | 106   | 1,03     | 4220     | -280 | 0,94   | 4468       |
| 26    | 4850    | 4262 | 140   | 1,04     | 4585     | -265 | 0,95   | 4855       |
| 27    | 3975    | 4238 | 107   | 1,03     | 4481     | 506  | 1,13   | 4744       |
| 28    | 3600    | 4105 | 59    | 1,02     | 4230     | 630  | 1,17   | 4478       |
| 29    | 3500    | 3962 | 19    | 1,00     | 3991     | 491  | 1,14   | 4226       |
| 30    | 3350    | 3801 | -17   | 0,99     | 3748     | 398  | 1,12   | 3968       |
| 31    | 3050    | 3586 | -57   | 0,98     | 3446     | 396  | 1,13   | 3649       |
| 32    | 3350    | 3502 | -62   | 0,97     | 3352     | 2    | 1,00   | 3549       |
| 33    | 3450    | 3467 | -57   | 0,98     | 3331     | -119 | 0,97   | 3527       |
| 34    | 4275    | 3676 | -4    | 1,00     | 3655     | -620 | 0,85   | 3870       |
| 35    | 4650    | 3947 | 51    | 1,01     | 4052     | -598 | 0,87   | 4291       |
| 36    | 4950    | 4243 | 100   | 1,03     | 4468     | -482 | 0,90   | 4730       |
| Soma  | 126225  |      |       |          | 125389   |      |        | 132765     |
| Média | 3506    |      |       | Estoque  | -836     |      |        | 6540       |

Tabela 3 – Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade

Finalmente, a utilização deste método, diminui novamente a diferença entre previsão e demanda, haja vista o acréscimo de uma nova variável, a de sazonalidade que entrou na composição das fórmulas, além da variável de tendência. Assim, diminui-se o efeito da sazonalidade na projeção da demanda. O resultado do erro foi quase a metade do método anterior. Com o planejamento da capacidade consegue-se eliminar os erros e obter um estoque final de 6540 após os 36 meses de demanda sazonal.

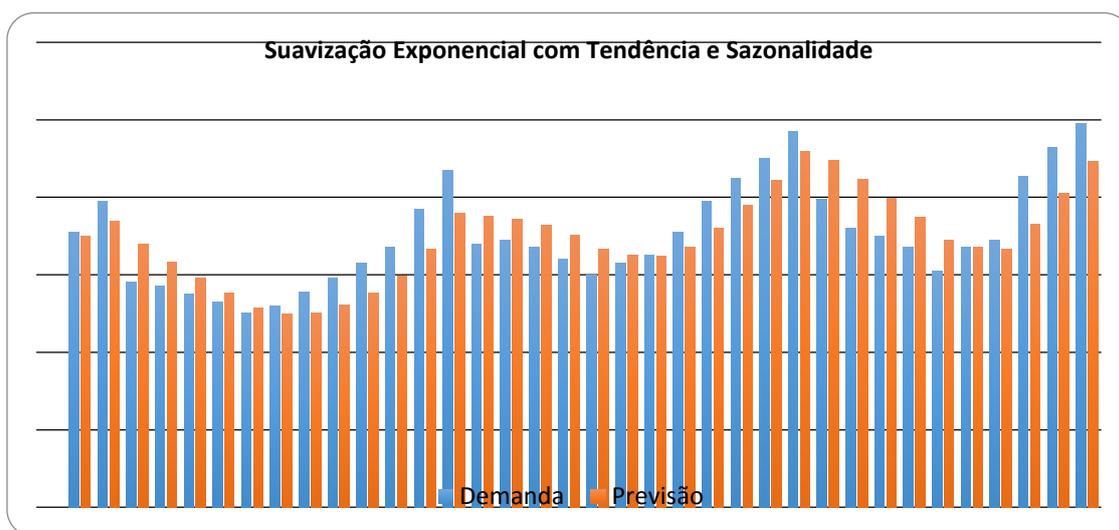
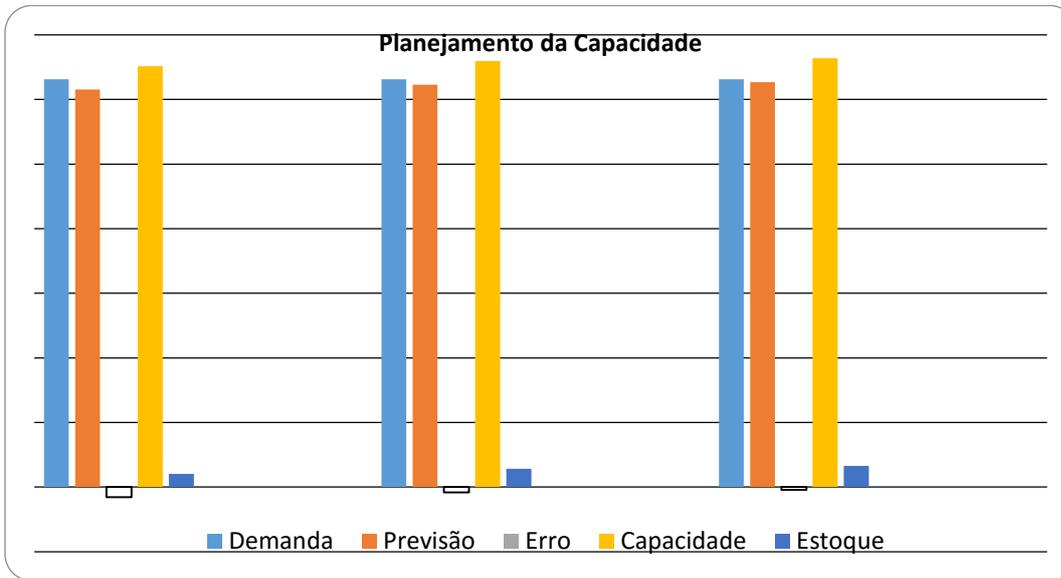


Gráfico 3 – Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade

Pode-se notar com o gráfico 3 que a demanda foi bem mais suavizada neste método de previsão, pois as linhas de demanda e previsão estão bem niveladas.

|                       | <b>Demanda</b> | <b>Previsão</b> | <b>Erro</b> | <b>Capacidade</b> | <b>Estoque</b> |
|-----------------------|----------------|-----------------|-------------|-------------------|----------------|
| <b>Simple</b>         | 126225         | 123115          | -3110       | 130358            | 4133           |
| <b>Tendência</b>      | 126225         | 124614          | -1611       | 131944            | 5719           |
| <b>Sazonalidade e</b> | 126225         | 125389          | -836        | 132765            | 6540           |



#### 4. Conclusão

A realização deste artigo, permitiu a formulação de algumas conclusões a respeito das técnicas de previsão de demanda.

Apesar de sua evidente importância, técnicas de previsão de demanda eram desconhecidas, na quase totalidade, por um grande número de empresas. Este fato, embora expresse a realidade brasileira, não representa o que vem sendo feito em outros países, onde estas técnicas são bem difundidas, inclusive, nos setores de serviços (Winston, 1994).

Através da revisão bibliográfica, buscou-se apresentar, de forma genérica, três métodos para previsão de demanda a saber, Suavização Exponencial Simples, Suavização com Tendência e Suavização com Tendência e Sazonalidade.

A metodologia proposta para estruturação de um sistema de *forecasting*, pode contribuir de maneira eficiente na otimização do processo de previsão. Como a metodologia foi proposta sobre uma base bastante genérica, alguns ajustes podem ser necessários para sua particularização a aplicações específicas.

O estudo de caso expôs as dificuldades de modelagem de dados reais, em vista da aleatoriedade encontrada em muitas das séries temporais. Esta aleatoriedade pode ser contextualizada, na sua quase totalidade, com a ajuda de técnicos da empresa estudada.

Quanto às naturais resistências à aplicação das técnicas de previsão, observou-se que as mesmas são eliminadas à medida que os resultados das previsões são comparados com as demandas reais. Uma vez compreendendo a aplicabilidade da ferramenta proposta, o corpo técnico da empresa em estudo empenhou-se no projeto de implementação do sistema de previsão de demanda.

## 5. Referência

BARBANCHO, Alfonso G. **Fundamentos e Possibilidades da Econometria**. Rio de Janeiro : Forum Editora, 1970. p. 18 - 32.

GRANGER, C. W. J.; NEWBOLD, Paul. **Forecasting Economic Time Series**. New York : Academic Press, 1977.

MORETTIN, Pedro Alberto; TOLOI, Clélia Maria de Castro. **Modelos para Previsão de Séries Temporais**. In : 13º Colóquio Brasileiro de Matemática. Rio de Janeiro : (s.n.), 1981.

NELSON, Charles R. **Applied Time Series Analysis**. San Francisco : Holden-Day, 1973.

QUELHAS, O. **Planejamento e Controle da Produção**. Campus: São Paulo, 2008.

SOUZA, Reinaldo Castro. **Modelos Estruturais para Previsão de Séries Temporais : Abordagens Clássica e Bayesiana**. In : 17º Colóquio Brasileiro de Matemática. Rio de Janeiro, 1989.

WHEELWRIGHT, Steven C.; MAKRIDAKIS, Spyros. **Forecasting Methods for Management**. 4th edition. New York : John Wiley & Sons Inc, 1985.

WINSTON, W. L. (1994). **Operations research – applications and algorithms**, 3ª ed., Duxbury Press, Belmont, CA.