

Comparação de Modelos de Séries Temporais para Previsão de Estoque de Reposição de Peças Defeituosas de uma Indústria.

Sonia Isoldi Marty Gama Müller (UFPR) soniaisoldi@ufpr.br
Juliana Pavovski de Brito (UFPR) juliana@welby.com.br
Maycon Lisboa dos Santos (UFPR) lisboa.mk@gmail.com
Izabel Cristina Zattar (UFPR) izabel.zattar@gmail.com

Resumo:

Este trabalho propõe um comparativo entre os modelos de séries temporais automáticos, a metodologia de Box e Jenkins (não automáticos) e o modelo utilizado pela empresa, aplicados sobre dados de demanda de peças de reposição para aparelhos defeituosos de uma Indústria. O objetivo é verificar qual dessas técnicas é a mais adequada para se obter a previsão de valores futuros da demanda de forma que se possa aprimorar a gestão do estoque. Os dados foram coletados durante 35 meses, sendo que foram tomadas como base neste estudo 30 itens que representam maior demanda neste período. Como resultado final, verificou-se que a metodologia de Box e Jenkins é a mais adequada para a obtenção desses valores, pois se observou que em 66% dos casos analisados este modelo obteve sucesso. Com os resultados das previsões realizadas a empresa poderá optar pelo seu uso no setor de planejamento e controle de peças de reposição.

Palavras chave: Previsão de Demanda, Séries Temporais, Metodologia Box e Jenkins.

Abstract

. This paper proposes a comparison between the automatic time series models, the methodology of Box and Jenkins (not automatic) and the model used by the company, applied to data of demand for replacement parts for defective apparatus of Industry. The goal is to verify which of these techniques is the most appropriate to obtain the prediction of future values of demand so that we can improve inventory management. Data were collected for 35 months, and were taken as the basis for 30 runner items in this period. As a final result, it was found that the Box-Jenkins methodology is the most appropriate to obtain these values, since it was observed that in 66% of cases analyzed this model was successful. With the results of the predictions made the company may elect to use in the planning sector and control of spare parts.

Key-words: Demand Forecasting, Time Series, Box and Jenkins Methodology.

1. Introdução

A utilização de métodos estatísticos para gerar informações a fim de auxiliar a tomada de decisões constitui em uma importante ferramenta na gestão das organizações. Com o crescente nível de competitividade no mercado mundial, as empresas que desejam se manter

no mercado necessitam antes de tudo analisar a situação que as rodeia e a otimização dos recursos aplicados em uma empresa é um dos fundamentos principais dos gestores.

Segundo Makridakis et al. (1998), realizar previsões de demanda é importante para auxiliar na determinação dos recursos necessários para a empresa. Em tempos de abertura de mercados, esta atividade torna-se fundamental por tornar as decisões mais eficazes para toda a organização, influenciando áreas de logística, financeira e comercial.

Este estudo foi efetuado a fim de auxiliar o departamento que planeja e faz a gestão das peças utilizadas no reparo de aparelhos defeituosos enviados para a assistência técnica. Este departamento necessita de um método eficaz que estime a quantidade de peças a ser mantida em estoque para suprir a demanda mensal que será enviada aos postos autorizados para efetuar o conserto de aparelhos eletrodomésticos e eletrônicos com defeito.

O objetivo principal deste estudo é a obtenção de um modelo de previsão de demanda a fim de auxiliar o gestor na tomada de decisões, na melhoria do nível de estoque tanto quantidade como financeiro otimizando o uso dos recursos disponíveis pela empresa.

2. Importância do Estoque

Conforme Balllou (2004), os estoques estão localizados em todos os níveis do canal de suprimento, funcionando como um fator de segurança para a linha. A sua existência torna, por exemplo, os fornecedores e a produção mais independente um do outro, pois caso haja alguma greve ou imprevisto do primeiro, o segundo possui uma quantidade de produtos para continuar a sua rotina por algum tempo. Através do estoque, pode-se também obter descontos nas compras, visto que ao obter uma maior quantidade de peças a empresa tem o poder de barganha maior para com o seu fornecedor, podendo ter uma redução de custos que compensariam os gastos com estoque.

Outra forma de utilização seria em épocas de instabilidades econômicas, quando a tendência dos preços é vista como crescente no curto prazo, pode-se comprar antecipadamente uma maior quantidade do que será utilizado na produção, caso essa alta seja maior que o custo de oportunidade de deixar a mercadoria parada.

Ou ainda, se existir uma inconstância nos prazos da produção ou no transporte do produto, influenciando o nível de serviço. A presença de estoques nos vários pontos do canal de suprimento pode minimizar essas inconstâncias da cadeia.

Porém, a presença de mercadorias parada representa capital inutilizado e em muitos casos, quando não há uma gestão adequada do estoque, esse montante torna-se extremamente elevado, sendo considerado como um desperdício para a empresa, que poderia estar utilizando esse capital para investir em outras áreas.

Os estoques também podem acabar mascarando alguns problemas de qualidade da cadeia, visto que se torna mais difícil identificar onde estão os gargalos da produção, pois há sempre uma segurança para suprir o atraso causado.

Devido às razões citadas, o gerenciamento do estoque tem uma importância cada vez maior para a administração das empresas preocupadas com uso adequado do capital investido e uma

das formas de controlar os níveis de estoque de maneira eficaz é, primeiramente, conhecer a natureza da demanda ao longo do tempo.

3. Gestão e Demanda

Esta atividade gerencia a integração entre o consumidor e a empresa, sendo responsável pelo planejamento apropriado de todas as demandas geradas, externas ou internas, a fim de que se tenha um equilíbrio entre o que a produção pode fornecer e o que o mercado requer. (FAVARETTO, 2000)

Os principais elementos da gestão da demanda são *previsão da demanda*, comunicação com o mercado, influência sobre o mercado, promessa de prazos e priorização e alocação.

Em adição a função de sincronização e comunicação entre as atividades do mercado e o plano de previsão, uma atividade chave no módulo de gerenciamento da demanda é assegurar a integridade da informação da demanda. Em todos os exemplos o conceito base é que as previsões são consumidas durante os períodos futuros de tempo pelas atuais necessidades do estoque.

A demanda do tipo reposição é a que requer previsões mais detalhadas – as previsões devem ser feitas para itens, por localização e período de tempo – pois a empresa precisa manter um estoque adequado através do sistema de distribuição e manter os níveis de serviço para satisfazer os desejos dos clientes.

Martins & Laugeni (1998) definem previsão da seguinte maneira: “Previsão é um processo metodológico para a determinação de dados futuros baseado em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos ou ainda em modelos subjetivos apoiados em uma metodologia de trabalho clara e previamente definida”.

Muitas empresas reconhecem a importância da previsão de demanda em todos os níveis de uma organização.

A previsão é uma ferramenta de auxílio às decisões do planejamento de estoque e por isso é muito importante que a empresa saiba utilizar todas as ferramentas disponíveis para conseguir antecipar a demanda futura com alguma precisão. Isso pode envolver formar e manter uma base de dados históricos de demanda, assim como informações que expliquem suas variações e comportamento no passado, utilizar modelos matemáticos adequados que ajudem a explicar o comportamento da demanda, compreender como fatores ou variáveis internas (promoções, por exemplo) e externas (clima, condições econômicas) influenciam o comportamento da demanda, coletar informações relevantes do mercado e ser capaz de derivar daí uma estimativa da demanda futura. (CORRÊA *et al*, 1997).

3. Previsão de Séries Temporais

A área de análise e previsão de séries temporais é hoje um campo de pesquisa bem claro e definido dentro da Estatística. Iniciou sua caminhada ao desenvolvimento nos anos 70.

Segundo Morettin e Toloi (2004), uma série temporal é qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo, pode ser usada para prever o futuro. Na análise da série temporal, alguns objetivos são básicos: modelagem matemática do fenômeno, com base na estatística, obtenção de conclusões e avaliação do modelo em termos de precisão (MORETTIN; TOLOI, 1987).

Os modelos de séries temporais examinam o padrão do comportamento passado de um fenômeno no tempo e utiliza a análise para prever o comportamento futuro desse fenômeno, ou seja, analisa-se o histórico de demanda de uma determinada peça com o objetivo de prever a demanda futura, partindo do pressuposto de que o padrão de comportamento observado no passado forneça informações adequadas para a previsão de valores futuros da demanda. A expressão serie temporal indica apenas uma coleção de valores da demanda, tomados em instantes específicos de tempo, normalmente com igual intervalo (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Os modelos estatísticos de séries temporais utilizados neste trabalho são os modelos não-automáticos (.Amotecimebnto Exponencial, Método de Brown e Método de Winters.) e os automáticos (Auto Regressivos Integrados de Médias Móveis - ARIMA)

4 Modelos Automáticos

Os modelos de séries temporais automáticos são metodologias que podem ser programadas no computador e requerem pouca intervenção do analista. Correspondem a métodos de ajustamento de curvas com parâmetros sequencialmente atualizados no tempo.

Existem vários modelos automáticos na literatura, porém os mais relevantes para estas análises foram: Amotecimebnto Exponencial, Método de Brown e Método de Winters.

Segundo Morettim e Tolo (1987), o método de Brow é também conhecido como alisamento exponencial duplo. Este método processa-se em duas fases: primeiro realiza-se o alisamento exponencial simples obtendo-se a série alisada \tilde{Y}_t dada por $\tilde{Y}_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)\tilde{Y}_{t-1}$, em seguida, alia-se esta série novamente através do operados de alisamento exponencial.

Obtendo-se a serie de segunda ordem:

$$\tilde{Y}_t^* = \alpha Y_t + (1 - \alpha)\tilde{Y}_{t-1}^*$$

Assim, a previsão de valores futuros é feita através do modelo:

$$\hat{Y}_{t+k} = \hat{\sigma}_t + \hat{\beta}_{t,k},$$

Onde:

$$\hat{\sigma}_t = 2\tilde{Y}_t - \tilde{Y}_t^*$$

e

$$\hat{\beta}_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha}(\tilde{Y}_t - \tilde{Y}_t^*),$$

No Método de Winters a primeira variante do modelo é aditiva. Supõe-se, inicialmente, que a sazonalidade é constante ao longo da série que está sendo prevista. A representação matemática do modelo é, portanto, a seguinte:

$$F_{t+k} = S_t + kT + I_{t-p+k}$$

$$S_t = S_{t-1} + T_{t-1} + \alpha(A_t - S_{t-1} - T_{t-1} - T_{t-s})$$

$$T_t = T_{t-1} + \alpha\beta(A_{t-1} - S_{t-1} - T_{t-1} - I_{t-s})$$

$$I_t = I_{t-s} + \delta(1 - \alpha)(A_t - S_{t-1} - T_{t-1} - I_{t-s})$$

Onde F_{t+k} é a previsão para K períodos de tempo no futuro, A_t é o valor real no tempo t , S_t é o nível da série no tempo t , T_t é a tendência no tempo t , I_t é o índice sazonal no tempo t , s é o contador do índice sazonal e α , β e δ são os parâmetros de alisamento.

A variante multiplicativa deste modelo supõe que a sazonalidade está mudando ao longo da série. Assim matematicamente, tem-se:

$$F_{t+k} = (S_t + kT)I_{t-p+k}$$

$$S_t = S_{t-1} + T_{t-1} + \alpha[A_t - (S_{t-1} - T_{t-1})I_{t-s}] / I_{t-s}$$

$$T_t = T_{t-1} + \alpha\beta[A_{t-1} - (S_{t-1} - T_{t-1})I_{t-s}] / I_{t-s}$$

$$I_t = I_{t-s} + \delta(1 - \alpha)[A_t - (S_{t-1} - T_{t-1})I_{t-s}] / S_t$$

Ao incorporar a sazonalidade, aumenta-se, naturalmente, a necessidade de inclusão de mais dados. Geralmente, de três a quatro anos de dados mensais são suficientes. O modelo é também bastante complexo, necessitando estimar os parâmetros de alisamento, de tendência e sazonal, simultaneamente.

4 Modelos de Box e Jenkins: (não automáticos)

A metodologia de Box e Jenkins surgiu na década de 70 e consiste na busca de um modelo ARIMA (*autoregressive integrated moving average*) que represente o processo estocástico gerador da série temporal $\{Z_t, t = 1, 2, 3, \dots, n\}$, a partir de um modelo ARMA aplicável na descrição de séries temporais estacionárias, estendendo esse conceito para séries temporais não estacionárias (BOX, JENKINS, 1976)

Modelos Auto Regressivos (AR)

Segundo Box e Jenkins (1976) a série das observações históricas Z_t , é descrita por seus valores passados regredidos, e pelo ruído branco a_t . Assim o modelo AR(p) é dado por:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t$$

Onde $z_i = z_{t-\mu_i}$ e ϕ_i o parâmetro que descreve como Z_t se relaciona com Z_{t-1} para $i = 1, 2, \dots, p$,
Se definido o operador auto regressivo de ordem p

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p,$$

então se pode escrever

$$\phi(B)\tilde{Z}_t = a_t.$$

O caso mais simples é o modelo auto-regressivo de ordem $p = 1$, AR(1) dado pela seguinte equação:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + a_t$$

Para que o modelo seja estacionário, é necessário que, $|\phi| < 1$ (condição de estacionariedade), e que as auto-covariâncias sejam independentes. Considerando o modelo AR de ordem $p=1$, as auto-covariâncias serão dadas por:

$$\gamma_k = \phi_1^k \gamma_0,$$

e as autocorrelações dadas por

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \phi_1^k,$$

onde $k=1, 2, \dots$

Modelo de Médias Móveis (MA)

No modelo de médias móveis, a série Z_t consiste do resultado da combinação dos ruídos brancos e_t , do período atual, com os ocorridos em períodos anteriores. Desse modo, o modelo de médias móveis de ordem q será dado por:

$$Z_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_p \varepsilon_{t-p},$$

A versão mais simples do modelo de médias móveis é o modelo MA(1), dados pela equação:

$$\tilde{Z}_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1},$$

As autocorrelações ρ_k , obtidas através da divisão das autocovariâncias, são dadas por:

$$\rho_1 = \frac{\gamma_1}{\gamma_0} = \frac{-\theta_1 \sigma_\varepsilon^2}{(1 + \theta_1^2) \sigma_\varepsilon^2} = \frac{-\theta_1}{1 + \theta_1^2}.$$

Assim a primeira autocorrelação será positiva se θ_1 for menor que zero, e negativa se θ_1 for maior que zero apenas a primeira autocorrelação será não nula no modelo MA (1), as demais serão iguais a zero.

Modelos Mistos Auto-Regressivos de Médias Móveis (ARMA)

Os modelos autoregressivos e de médias móveis é uma opção para muitas séries encontradas na prática, onde se deseja obter um modelo com um número não muito grande de parâmetros. Surgem então, os modelos ARMA($p; q$), da forma:

$$\tilde{Z}_t = \phi_1 \tilde{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \tilde{Z}_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q},$$

que pode ser reescrito, utilizando-se o operador de defasagem B , na forma:

$$\phi(B)\tilde{Z}_t = \theta(B)\varepsilon_t.$$

A forma mais simples do modelo ARMA, é o modelo ARMA(1,1), e é representada pela equação:

$$\tilde{Z}_t = \phi_1\tilde{Z}_{t-1} + \theta_1\varepsilon_{t-1}$$

A função de autocorrelação do modelo ARMA (1,1) é dada por:

$$\rho_1 = \frac{(1-\phi_1\theta_1)(\phi_1\theta_1)}{1+\theta_1^2+\phi_1\theta_1},$$

onde: $\rho_1 = \phi_1\rho_{k-1}$, para $k>1$.

A representação ARIMA(p,d,q) refere-se, respectivamente, às ordens de auto regressão, de integração e de média móvel, onde: p é o número de termos auto regressivos; d é o número de diferenças (caso os dados possuírem tendência) e q é o número de termos da média móvel.

Modelos Auto-Regressivos Integrado de Médias Móveis (ARIMA)

O modelo ARIMA(p, d, q) é dado por::

$$\phi(B)\nabla^d Z_t = \theta(B)a_t$$

$$\text{ou } \phi(B)(1-B)^d Z_t = \theta(B)a_t$$

O modelo acima descrito supõe que a d-ésima diferença da série Z_t pode ser representada por um modelo ARMA, estacionário e invertível obedecendo as condições de estacionabilidade e invertibilidade.

A construção do modelo está baseada num ciclo iterativo onde a determinação e estruturação do modelo, propriamente dito, estão baseadas em dados históricos. Este ciclo pode ser resumido nas seguintes etapas: identificação dos possíveis modelos (observando os gráficos chamados de correlogramas amostrais das funções de autocorrelação e de autocorrelação parcial), estimação dos parâmetros, teste de adequação e escolha do melhor modelo (observando a menor raiz do erro quadrático médio).

4. Modelo da Empresa

O cálculo logístico utilizado pela empresa é chamado de “Média do Estoque Ideal (MEI)” e é feito através seguinte fórmula:

$$MEI = [\sum (CSP) / 6] * ES$$

Onde:

CSP = Saída do consumo de peças nos últimos 6 meses

ES = Estoque de segurança – De acordo com métodos qualitativos a empresa determina o percentual de 1,5 para todas as peças.

Resumindo, a média do estoque ideal é a soma de tudo que foi usado da peça nos últimos 6 meses, dividido por 6, e multiplicado pelo índice de segurança que é de 1,5%.

De acordo com métodos qualitativos a empresa determina o percentual de 1,5 para todas as peças.

Portanto, a média do estoque ideal é a soma de tudo que foi usado da peça nos últimos 6 meses, dividido por 6, e multiplicado pelo índice de segurança que é de 1,5%. O pedido de peças é feito uma vez por mês e é calculado pela fórmula:

$$\text{Qtd Sugerida} = (\text{MEI} \times (\text{Lead Time})) - (\text{Estoque} + \text{Qtd Pedida})$$

5 Metodologia

Este trabalho foi realizado sobre dados históricos de demanda de peças enviadas aos postos autorizados de assistência técnica, observadas durante um período de trinta e cinco meses. De um montante de 3.940 tipos de peças foram selecionados os 30 itens mais representativos da demanda total sendo que este grupo compõe mais de 25% da população total de itens demandados.

Após a confirmação da adequação do modelo foram realizadas as previsões de demanda dos 30 itens e comparados os resultados das previsões de 03 meses seguintes com valores reais que foram mantidos para efeito assertividade dos modelos propostos, e realizada uma comparação e entre os modelos, automáticos e não automáticos ARIMA. e ainda o da Empresa.

Para a análise foi utilizado o programa *STATGRAPHICS Centurion XV*.

6 Resultados

Após as análises e validação de cada modelo escolhido foi realizado uma previsão para os 3 meses seguintes utilizando-se os modelos, da empresa, da série automática e da série ARIMA para os 30 itens selecionadas. Na tabela 1 segue como exemplo os valores obtidos para o item 10, porém esta análise foi feita para todas os itens.

Meses usados para teste	Demanda Real	Previsão Modelo Empresa	Previsão Modelos Automáticos	Previsão Modelo ARIMA	ERRO Modelo da Empresa	ERRO Modelos Automáticos	ERRO Modelo ARIMA	Modelo Escolhido
1º. mes	2078	2343	1956	2080	13%	-6%	0,1%	ARIMA
2º. mes	2157	2401	1990	2160	11%	-8%	0,1%	ARIMA
3º. mes	2211	2462	2025	2158	11%	-9%	-2,4%	ARIMA

Fonte: Os autores

Tabela 1 – Previsão e Erros de Previsão para o Item 10.

A tabela 2 apresenta o número de vezes que cada modelo utilizado apresentou o menor erro comparando com o valor real de demanda para as 30 itens utilizadas no trabalho nos três meses deixados para teste.

Modelo	Quantidade	%
Modelo da Empresa	13	14%
Modelos Automáticos	18	20%
Modelo ARIMA	59	66%

Tabela 2 – Quantidade Escolha do Modelo nos 3 meses de Previsão.

Das series temporais analisadas, observamos que o menor erro com relação ao valor real foi utilizando o modelo da metodologia Box e Jenkins (ARIMA), 66% das previsões utilizando o modelo ARIMA tiveram o menor erro com relação ao valor real quando comparado aos modelos testados, porém os modelos automáticos tiveram um bom resultado quando comparado ao modelo utilizado atualmente pela empresa

7 Conclusões

Atualmente a empresa trabalha com uma política de estoque que não atende aos novos objetivos propostos para o departamento de planejamento e controle de materiais, tornando a necessidade de uma nova política de gerenciamento eminente e as previsões de demanda futuras.

A vantagem de utilizar um modelo ARIMA é bastante significativa, pois garante um menor erro na previsão das demandas futuras, porém o uso do modelo ARIMA, por parte da empresa, principalmente na implementação deste e a escolha do melhor modelo e suas integrações, mas este problema pode ser amenizado com a contratação de pessoal especializado, treinamento dos colaboradores do departamento e a utilização de um programa adequado para tal finalidade. Porém, estes investimentos resultarão em uma quantidade de estoque mais “enxuta” e, conseqüentemente, diminuição de custos.

As técnicas aplicadas sobre os valores históricos forneceram previsões que pode-se considerar satisfatórias principalmente se comparado ao método atual.

Referências

- BALLOU, R.H.**, Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial, Porto Alegre, Bookman, 2001.
- BOX, G.E.P. ; JENKINS, G.M.** Time Series Analysis, Forecasting and Control. ED. Holden Day, 1976.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M.** Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação. São Paulo: Atlas, 1997.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P.** Administração da produção. São Paulo: Saraiva, 1998.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. J.** Forecasting methods and applications. 3. ED. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- MORETIN, P. A.; TOLOI, C. M. C., Mark.** Previsão de Séries Temporais. ED 2 Atual Editora. São Paulo, 1987.
- MORETIN, P. A.; TOLOI, C. M. C.,**Análise de Séries Temporais. ED 3 Atual Editora. São Paulo, 2004.
- SLACK, N.; JOHNSTON, R.; CHAMBERS, S..** Administração da Produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.