

# APLICAÇÃO DE MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA EM UMA FÁBRICA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS

Eduardo Santos de OLIVEIRA<sup>1</sup>

José Diamantino de Almeida DOURADO<sup>2</sup>

José André Villas Boas MELLO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduação em Engenharia de Produção pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

<sup>2</sup> Graduação em Engenharia Elétrica/Sistemas de Computação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Mestrado em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Doutorado em Análise de Bacias e Faixas Móveis pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

<sup>3</sup> Graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutorado em Engenharia de Transportes. Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

**Recebido em: 23/10/2016 - Aprovado em: 15/10/2017 - Disponibilizado em: 30/12/2017**

## RESUMO:

Este trabalho tem o objetivo de selecionar, aplicar e avaliar um modelo de previsão que seja o mais adequado às características da demanda do produto investigado e que forneça informações de maior qualidade aos setores produtivos, especialmente ao setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP). Como método de pesquisa se optou pelo estudo de caso realizado numa fábrica de embalagens plásticas, buscou-se selecionar um modelo de previsão que fornecesse informações mais precisas ao PCP. Foram escolhidos alguns modelos utilizados atualmente pelas organizações, e os resultados de cada modelo foram confrontados com a demanda real. Identificou o que ofereceu o menor erro ou desvio. Neste estudo de caso, o modelo de Box-Jenkins para a previsão que se baseia no ajuste de modelos de tentativas denominado ARIMA, apresentou resultados com menores taxas de erros, principalmente por ser adequado para as características, tendências e sazonalidades de demanda do produto principal da empresa.

**Palavras-chave:** Previsão de demanda, ARIMA, indústria de embalagens plásticas. PCP. Quality.

## ABSTRACT:

This work aims to select, implement and evaluate a forecasting model that is best suited to the studied product demand characteristics and to provide higher quality information to the productive sectors, especially to the Planning and Production Control sector (PCP). As a research method, was chosen for the case study conducted in a plastic packaging factory, a prediction model to provide more accurate information to the PCP. We selected some models currently used by the organizations, and the results of each model were confronted with the real demand. Identified what offered the minor error or deviation. In this case study, the Box-Jenkins model for prediction that is based on the adjustment of tentative models called ARIMA, presented results with lower error rates, mainly because it is adequate for the characteristics, tendencies and seasonality of demand of the main product of the company.

**Keywords:** demand forecasting. ARIMA. Plastic packaging industry. PCP. Quality.

## 1 Introdução

A competição entre as empresas atualmente aumenta a importância a ser dada ao gerenciamento e tratamento das informações referentes ao mercado,

concorrentes, economia do país e mundial, investimentos e principalmente a demanda por bens e mercadorias. Hastenteufel e Larentis (2015) citam que o mercado contribui para a geração de riqueza da

empresa e não somente o produto, tornam-se importantes asações de avaliação e gerenciamento para que seja possível adotar novas estratégias na administração dos negócios.

Normalmente as empresas focam somente no tratamento das informações intra-empresa, ou seja, informações referentes aos seus processos produtivos, gerenciais ou administrativos como taxas de produtividade, disponibilidade de mão de obra, giro do estoque, demonstrativos contábeis, taxas de juros. No entanto um conhecimento sólido do mercado ao qual a empresa pertence ou dele sofre interferências é, sem dúvidas, o melhor caminho para obter bons resultados, além da permanência no mercado e manutenção de sua competitividade.

Para a realização de uma previsão de demanda existem atualmente diversas ferramentas de auxílio com recursos computacionais, tais como as planilhas eletrônicas e softwares especializados. Tubino (2007) aponta que a previsão de demanda é a base para o planejamento estratégico da produção, vendas e finanças de qualquer empresa. Partindo deste ponto podem-se desenvolver os planos de capacidade, de fluxo de caixa, de vendas, de produção e estoques, de mão-de-obra, e de compras.

É de extrema importância também que as informações obtidas e tratadas na previsão de demanda estejam de acordo com o que a empresa pretende oferecer ao mercado. As

atividades de gerenciamento da demanda devem combinar com a estratégia da firma, com as capacidades de produção e com as necessidades do cliente (VOLLMANN et al 2006). A previsão de demanda assume papel central no processo de planejamento da empresa de manufatura. Com base nesta informação, são tomadas as principais decisões financeiras, comerciais e operacionais (LUSTOSA et al, 2008).

Prever a demanda de forma acurada é parte fundamental do processo de Gestão de Demanda das empresas. Como em muitos casos não é possível que a produção seja sob encomenda, há a necessidade de estimar a quantidade de produtos a serem vendidos e utilizar esta previsão (Senna et al., 2015). Pensando na questão da previsão, Moreira et al. (2014) citam que o planejamento e controle da produção é de grande importância para as empresas, pois os planos orientarão a produção e o controle permitirá que os mesmos sejam implementados de forma eficiente.

Este trabalho tem o objetivo de selecionar, aplicar e avaliar um modelo de previsão de demanda que seja o mais adequado às características da demanda do produto escolhido e que forneça informações de maior qualidade aos setores produtivos, especialmente ao setor de Planejamento e Controle da Produção.

Na indústria, e em seus distintos subsectores, a pesquisa desenvolvida em

parceria com as universidades pode promover redução de custos e aperfeiçoamento das cadeias produtivas (Felin Nunes et al., 2015). Ao dar importância ao processo de previsão, utilizando-se de dados históricos, pretende-se compreender um gap de pesquisa aplicada que tem sido foco de estudos empresariais que é o comportamento futuro que as vendas possuem, para que o erro entre o valor previsto e o real sejam o menor possível.

## **2 Referencial Teórico**

### **2.1 Previsão de demanda**

Para Petrônio e Laugeni(2005) a previsão de demanda é importante para utilizar as máquinas de maneira adequada, para realizar a reposição dos materiais no momento e quantidade certa, e para que todas as demais atividades necessárias no processo industrial sejam adequadamente programadas.

Entende-se por demanda a disposição dos clientes ao consumo de bens e serviços ofertados por uma organização. Essa demanda é influenciada por uma série de fatores que se estendem desde as condições macroeconômicas até questões operacionais, como a disponibilidade do produto e preço no ponto-de-venda (LUSTOSA et al., 2008).

O processo de previsão de demanda pode ser classificado em quantitativa ou qualitativa, dependendo do tipo de modelo ou processo utilizado. Enquanto a primeira baseia-se em modelos numéricos, modelos

matemáticos e estatísticos, a última utiliza da experiência, opiniões e conhecimento dos tomadores de decisões com relação ao mercado.

Os modelos qualitativos de previsão, também chamados de intuitivos ou subjetivos, dependem da experiência acumulada pelos especialistas. As técnicas qualitativas privilegiam principalmente dados subjetivos(LEMOS, 2006). Os métodos qualitativos apresentam um maior grau de subjetividade e, por isso, parecem menos adequados que os quantitativos. No entanto, quando não há disponibilidade de dados, tornam-se a única referência (LUSTOSA et al. 2008).

Ainda segundo Lustosa et al. (2008), alguns métodos ou modelos qualitativos são:

- Pesquisa de mercado: Busca-se avaliar a demanda potencial de um produto ou serviços diretamente com os consumidores finais, através de diferentes métodos de pesquisa;
- Simulação de cenários: Busca-se construir a partir da opinião de especialistas, diferentes cenários futuros e, para cada um deles, estimar o comportamento das vendas;
- Método Delphi: A opinião de especialistas pode ser usada na previsão e estimativa quando não se há possibilidade de serem obtidas através de outro método. É um processo rápido e barato, porém não

permite utilizar o potencial da análise estatística dos dados, não sendo possível controlar os erros nem os vieses.

Para Correa et al. (2008) os modelos quantitativos baseiam-se em métodos estatísticos, com diferentes características e níveis de complexidade. Os principais modelos estatísticos de previsão são: Projeção de séries temporais e correlação e regressão. Nos modelos de séries temporais, considera-se que a variável demanda é função apenas da variável tempo. Por outro lado os modelos de correlação e regressão, a variável demanda pode estar relacionada com outras variáveis independentes.

## 2.2 Método das médias móveis

Considera a média aritmética de “n” períodos anteriores, buscando, dessa forma, suavizar os resultados da previsão. À medida que um novo valor é incorporado à série, o valor mais antigo é descartado (LUSTOSA et al 2008). Matematicamente é determinado pela equação 1:

$$F_t(t+k) = (D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-n+1}) / nk=1,2,\dots \quad (1)$$

Onde:

$F_t$  - previsão de demanda no instante t;

$D_t$  - demanda no instante t;

n - quantidade de períodos considerada

Os métodos de médias móveis são adequados para as séries históricas de vendas que não apresentam tendência ou

sazonalidade. “Recomenda-se o uso da média móvel em situações nas quais a demanda apresenta comportamento estável e o produto não é muito relevante (TUBINO, 2007).”

Segundo Morettin e Toloi (2006) as principais vantagens deste método são:

1. Simples aplicação;
2. É aplicável quando se tem um número pequeno de observações.

Como desvantagem do método de média móvel tem-se:

1. Deve ser utilizado para prever somente séries estacionárias;
2. Dificuldade em determinar a quantidade de meses utilizados para a média.

## 2.3 Método de Box Jenkins (ARIMA)

ARIMA é o nome dado ao modelo criado em 1976 pelos estatísticos George Box e Gwilym Jenkins, também conhecido como Modelo de Box-Jenkins. O nome ARIMA deriva do inglês *autoregressive integrated moving average*, ou seja, modelo autoregressivo integrado de médias móveis. É uma generalização do modelo ARMA, modelo autoregressivo de média móvel. Representa-se na forma ARIMA (p,d,q), onde:

- p é o número de termos autoregressivos;
- d é o número de diferenças e;
- q é o número de termos da média móvel.

O modelo autoregressivo de média móvel, ARIMA (p,0,q), é um modelo que utiliza a combinação dos modelos autoregressivos, ou AR(p), e modelos de médias móveis, ou MA(q) (FAVA, 2000). No modelo AR(p) o valor do processo é expresso como um agregado linear dos valores anteriores e a adição dos distúrbios  $\varepsilon_t$  (GALVÍNCIO et al, 2002). No caso de combinação dos modelos, o valor de y em determinado período de tempo t é descrito pelos seus valores passados e pelos choques aleatórios constantes e passados, que são os pressupostos dos modelos AR(p) e MA(q) respectivamente (FAVA, 2000).

A equação genérica de um modelo ARIMA(p,d,q) utiliza-se de um filtro AR(p), representado pelo segundo termo na equação 3.

$$Y_t = \phi Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3)$$

Onde:

$Y_t$  – valor previsto no instante t;

$\phi$  - operador auto-regressivo de ordem p;

$\theta$  – operador de médias-móveis de ordem q;

$\varepsilon$  – erro ou ruído branco.

A primeira exigência para se utilizar o modelo ARIMA é que a série seja estacionária ou possa ser transformada. Uma série estacionária é aquela que possui média constante e não possui tendência no decorrer do tempo. A análise gráfica da série normalmente já possibilita a identificação da estacionariedade da série.

Como dito acima, o modelo ARIMA é formado pela integração entre os modelos AR(p) e MA(q). Os modelos AR(1), AR(2) e AR(3) podem ser escritos da seguinte forma:

$$AR(1): Y_t = d + \phi(1) * Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$AR(2): Y_t = d + \phi(1) * Y_{t-1} + \phi(2) * Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$AR(3): Y_t = d + \phi(1) * Y_{t-1} + \phi(2) * Y_{t-2} + \phi(3) * Y_{t-3} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Onde:

d – Constante ou termo de tendência;

Um modelo MA(q) é uma média móvel ponderada, de número fixo, de erros de previsões, produzidos no passado, por isso é chamado média móvel. Diferentemente da média móvel tradicional, os pesos numa MA(q) não são iguais e não somam 1 (BERTOLO, 2010). Os modelos MA(1), MA(2) e MA(3) podem ser escritos da seguinte forma:

$$MA(1): Y_t = e_t + \theta(1) * e_{(t-1)} \quad (7)$$

$$MA(2): Y_t = e_t + \theta(1) * e_{(t-1)} + \theta(2) * e_{(t-2)} \quad (8)$$

$$MA(3): Y_t = e_t + \theta(1) * e_{(t-1)} + \theta(2) * e_{(t-2)} + \theta(3) * e_{(t-3)} \quad (9)$$

Unindo os modelos AR(p) e MA(q), obtém-se a equação (3), ou seja, o modelo ARIMA (p,d,q). Caso a série não seja estacionária, deve-se diferenciá-la tantas vezes forem até obter uma série estacionária, representados pelo parâmetro d. Na maioria dos casos usuais, d=1 ou d=2, que correspondem a dois casos comuns não-

estacionariedade homogênea (MORETTIN e TOLLOI, 2006).

## 2.4 Erros das previsões

O indicador básico de erro de previsão para o período  $t$  ( $E_t$ ) é a diferença(ou desvio) entre o valor real ( $D_t$ ) e o valor previsto da demanda ( $F_t$ , *forecast*) no período correspondente. Desvios positivos significam que a demanda superou a previsão, e negativos, o contrário (LUSTOSA et al., 2008). O erro é dado por:

$$E_t = D_t - F_t \quad (11)$$

O erro médio é dado por:

$$EM = \sum_{t=1}^n (D_t - F_t) / n \quad (12)$$

Para a análise e conclusões obtidas com este trabalho será utilizado como principal tipo de erro o MAPE, erro percentual absoluto médio.

$$MAPE = \sum_{t=1}^n |D_t - F_t| / |D_t| / n \quad (13)$$

## 3 Materiais e Métodos

A metodologia adotada é a baseada em pesquisa bibliográfica, científica, referente ao assunto, e estudo de caso, onde buscará através das ferramentas e modelos levantados com a pesquisa, propor a adoção de um modelo a fim de solucionar a dificuldade da empresa na previsão de demanda.

Esta pesquisa está classificada, conforme Silva e Menezes (2005) em aplicada e quantitativa. A pesquisa é aplicada quando

gera conhecimento para aplicação prática a solução de problemas específicos; É quantitativa quando pode ser traduzida em números, com a utilização de técnicas estatísticas e modelagem.

Também classificamos esta pesquisa em exploratória e estudo de caso. Segundo Gil (1999) a pesquisa é exploratória quando visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses; É um estudo de caso quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

A definição do ambiente de pesquisa e os indivíduos considerados é fator fundamental para o levantamento das informações do problema em estudo. Para Gil (1999) universo é o conjunto definido de elementos que possuem determinadas características, sendo a amostra um subconjunto do universo ou população, em que se estabelecem as características deste universo ou população.

Desta forma o universo ou população da pesquisa são os dados históricos de vendas, delimitados pelo horizonte de tempo a ser determinado, este determinado em função do modelo de previsão escolhido. As análises realizadas neste trabalho, bem como os gráficos, foram feitas através do software Minitab®, desenvolvido pela MinitabInc., versão gratuita por 30 dias. Esta versão esta

disponível para download em [www.minitab.com.br](http://www.minitab.com.br). Para a montagem das planilhas foi utilizado o software Open Office™, desenvolvido pela The Apache Software Foundation. Para este software não é necessário licença, e seu download pode ser realizado em [www.openoffice.com.br](http://www.openoffice.com.br).

O modelo que a empresa utiliza foi posto como referência, ou seja, o modelo de médias móveis com horizonte de 12 meses. A previsão gerada por este modelo foi utilizada como base para a seleção do modelo ARIMA que mais se adequará as características da demanda desta empresa. Para efeitos de comparação serão aplicados 4 variantes do modelo aos dados históricos, ou seja, será utilizado o modelo ARIMA(p,d,q) em que os parâmetros p, d e q terão valores diferentes.

Os dados serão obtidos basicamente por consulta ao módulo de faturamento no sistema ERP da empresa, para o período referente a janeiro de 2007 a dezembro de 2012, informações obtidas pelos gestores das áreas envolvidas na tomada de decisão do processo de previsão além de outros eventos que podem influenciar a demanda. Sendo assim o processo de obtenção de dados se dará através da seguinte estrutura, proposta por Lemos (2005):

- (i) Discriminação dos níveis industriais de previsão;
- (ii) Definição dos fatores temporais;
- (iii) Priorização dos itens a serem previstos;

- (iv) Análise do ciclo de vida dos itens a serem previstos;
- (v) Definição dos dados de entrada e saída;
- (vi) Coleta e preparação dos dados.

Os dados históricos de vendas referem-se ao produto A, o principal da empresa, e foram coletados com base na curva ABC, correspondente ao período de janeiro de 2007 a dezembro de 2012. Os modelos serão aplicados para realizar comparação entre as previsões referentes ao ano de 2012 e a demanda real, e assim ser feita a seleção do modelo mais apropriado. Para a aplicação e comparação dos métodos foi escolhido somente este produto, de uma determinada família e grupo, mas que representa perfeitamente o comportamento da demanda global. O nome deste produto e sua aplicação não serão mencionados a pedido da empresa.

## 4 Resultados

O estudo de caso foi realizado em uma fábrica de embalagens plásticas no Estado do Rio de Janeiro, baixada fluminense. Esta fábrica está em atividade há aproximadamente 40 anos e seus produtos são tradicionais no mercado. O elemento diferencial de seus produtos com relação aos concorrentes é o alto nível de qualidade. Além de atender ao mercado interno, alguns de seus produtos também são exportados, com um número de vendas crescente a cada mês. A demanda de seus produtos, normalmente não sofre com a

sazonalidade de outros setores da economia, pois são produtos de necessidades básicas, utilizados na coleta de lixo residencial e industrial, porém suas características dificultam a previsão de demanda obtida com modelos gerais, como as médias móveis.

A empresa utiliza este modelo para realizar suas previsões, porém percebeu-se através do setor de PCP que a diferença entre a demanda prevista e a realizada no produto A estava com margem de erro muito grande, denotando um risco à produção e ao cumprimento do prazo de entrega dos pedidos, além dos custos extras de produção por falta de material, horas extras, frete e etc.

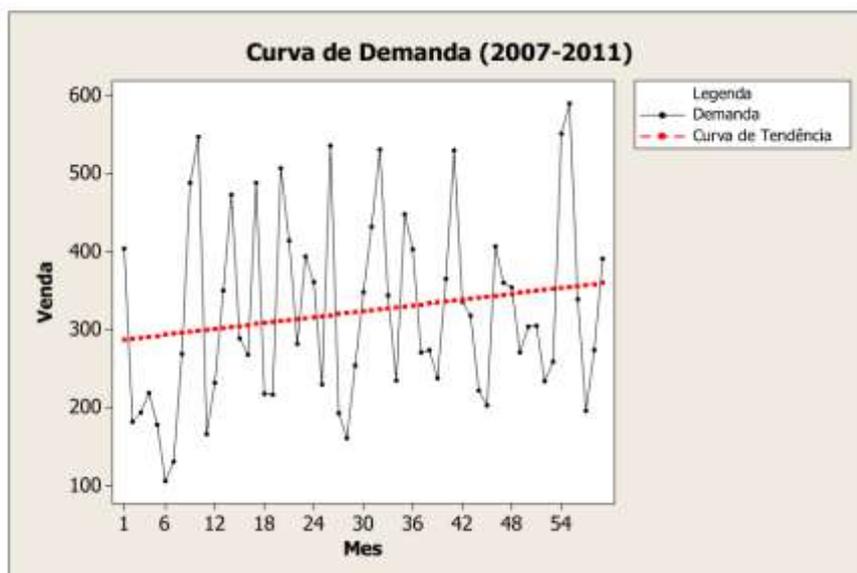
Com base na dificuldade relatada, serão estudados alguns modelos de previsão de demanda, com a aplicação deles no cenário encontrado pela empresa, e após compararemos entre si seus erros de previsão, para encontrarmos o modelo que fornece melhores resultados. Entende-se como melhores resultados o modelo que se aproxima mais da demanda do produto A, e não necessariamente um modelo que apresente menor erro com relação a demanda efetiva.

O produto escolhido, para a seleção do modelo de previsão mais adequado, encontra-se atualmente na fase de maturação, ou estabilidade, e não há indícios de que esteja entrando na fase de declínio. Apesar de o produto estar no mercado a mais de 20 anos, percebe-se pelas suas características de uso doméstico e industrial, que continuará por muito tempo na fase de estabilidade. Desta forma, o modelo de previsão selecionado dificilmente sofrerá influência de uma mudança de fase do produto.

#### **4.1 Aplicação dos modelos**

Inicialmente se aplicou o modelo de médias móveis de 12 meses, utilizado pela empresa utiliza. A previsão gerada por este modelo foi utilizada como base para a seleção do modelo que mais se adequará as características da demanda desta empresa.

Na figura 1, se apresenta o gráfico da curva de demanda do produto A para o estudo e na tabela 5 os valores referentes às 60 (Sessenta) observações de vendas, do período de janeiro de 2007 a dezembro de 2011. Pretende-se gerar a previsão da demanda utilizando este período com os modelos e comparar seus erros.



**Figura 1** - Curva de demanda janeiro de 2007 a dezembro de 2011.

Observa-se na figura 1 que a demanda não apresenta estacionariedade, possui tendência e variabilidade acentuada, ou seja,

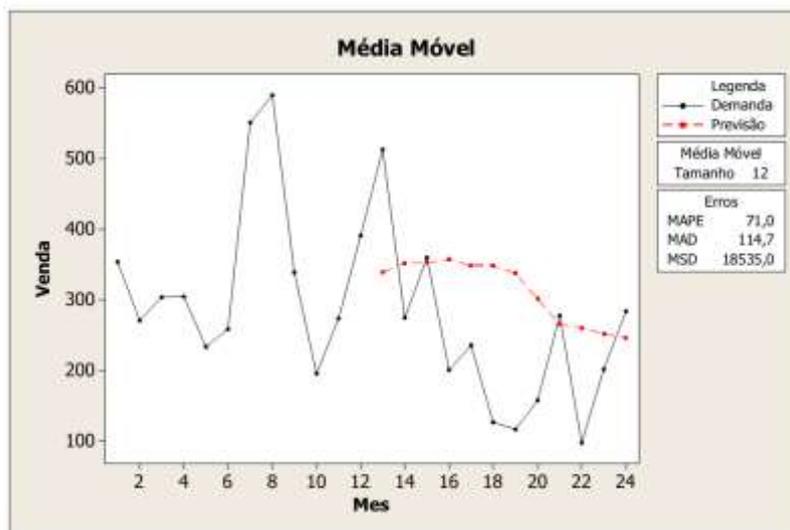
vários períodos de sazonalidade, vide tabela 1, fatores determinantes para a escolha do modelo de previsão de demanda apropriado.

**Tabela 1:** Observações mensais de vendas 2007 a 2011.

Mês	Vendas								
1	350	13	230	25	271	37	271	49	513
2	473	14	536	26	274	38	173	50	275
3	289	15	193	27	238	39	131	51	360
4	268	16	161	28	365	40	305	52	201
5	488	17	254	29	530	41	234	53	236
6	218	18	348	30	336	42	259	54	127
7	217	19	432	31	318	43	551	55	117
8	507	20	531	32	222	44	590	56	158
9	414	21	344	33	203	45	339	57	278
10	282	22	235	34	407	46	196	58	98
11	394	23	448	35	360	47	274	59	202
12	361	24	403	36	354	48	391	60	284

Para o método de médias móveis, utilizamos uma série histórica de 12 meses, de janeiro a dezembro de 2011, para projetar 12 meses seguintes, representados na figura 2. Na tabela, gerada pelo software Minitab®,

podemos observar a demanda, representada pela linha em cor preta e os valores previstos, na cor vermelha. Também obtemos os erros (MAPE, MAD e MSD), além do tamanho da média móvel.



**Figura 2 - Média móvel 12 meses**

Na tabela 2 temos a memória de cálculo do modelo de médias-móveis com 12 meses. Conforme funcionamento do modelo, os valores de previsão só existem a partir do 12º mês, já que o modelo necessita destes valores para projetar o primeiro mês. Na

tabela 3 temos os erros gerados pelo Minitab®, onde vemos o erro percentual absoluto em 71%, ou seja, somente 29% de chance de a previsão obtida com este modelo atender a demanda.

**Tabela 2: Demanda prevista com média móvel 12 meses.**

Mês	Demanda	Previsão	Erro	Mês	Demanda	Previsão	Erro
jan/11	354			jan/12	513	352	161
fev/11	271			fev/12	275	353	-78
mar/11	304			mar/12	360	357	3
abr/11	305			abr/12	201	349	-148
mai/11	234			mai/12	236	349	-113
jun/11	259			jun/12	127	338	-211

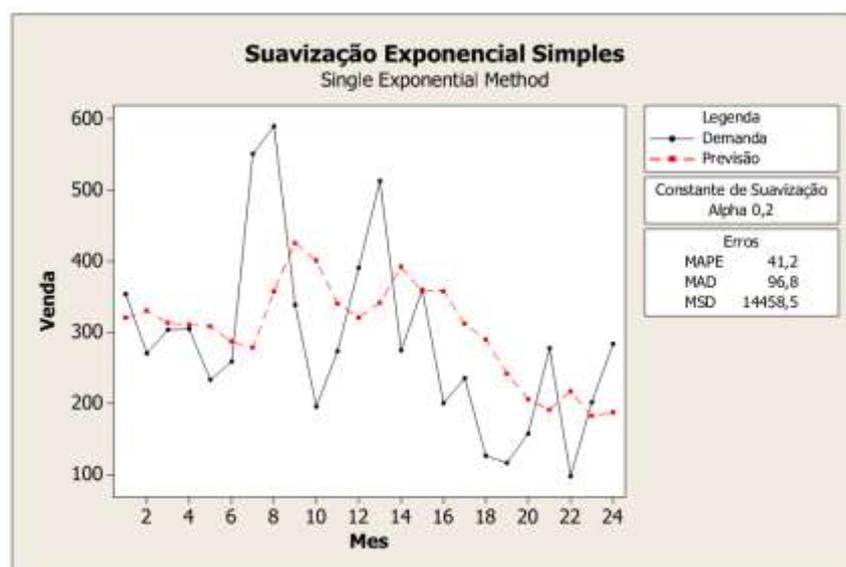
jul/11	551			jul/12	117	302	-185
ago/11	590			ago/12	158	266	-108
set/11	339			set/12	278	261	18
out/11	196			out/12	98	252	-154
nov/11	274			nov/12	202	246	-44
dez/11	391	339	52	dez/12	284	237	47

**Tabela 3:** Medidas de Acurácia do modelo média móvel com 12 meses.

Erros	
<b>MAPE</b>	71
<b>MAD</b>	114,7
<b>MSD</b>	18535

Para as projeções com base na suavização exponencial, utilizamos os métodos de suavizamento exponencial

simples, duplo e de Winters, conforme figuras 3, 8, 9 e 10.



**Figura 3 -** Suavização exponencial simples

Na tabela 4 vemos o resultado da aplicação do método de suavização exponencial simples, com constante de

suavização igual a 0,2, que atribui pesos menores aos valores mais antigos da série histórica.

**Tabela 4:** Demanda prevista com método de suavização exponencial simples.

Mês	Demanda	Previsão	Erro	Mês	Demanda	Previsão	Erro
jan/11	354	301	53	jan/12	513	374	139
fev/11	271	295	-24	fev/12	275	355	-80
mar/11	304	297	7	mar/12	360	356	4
abr/11	305	298	7	abr/12	201	325	-124
mai/11	234	286	-52	mai/12	236	307	-71
jun/11	259	280	-21	jun/12	127	271	-144
jul/11	551	334	217	jul/12	117	240	-123
ago/11	590	386	204	ago/12	158	224	-66
set/11	339	376	-37	set/12	278	235	43
out/11	196	340	-144	out/12	98	207	-109
nov/11	274	327	-53	nov/12	202	206	-4
dez/11	391	340	51	dez/12	284	222	62

Conforme erros, calculados pelo Minitab<sup>®</sup>, tabela 5, se vê que o modelo de suavização exponencial já apresenta MAPE muito menor que no modelo de médias móveis. Com a constante de suavização,  $\alpha$ , igual a 0,2, temos 20% do valor real mais

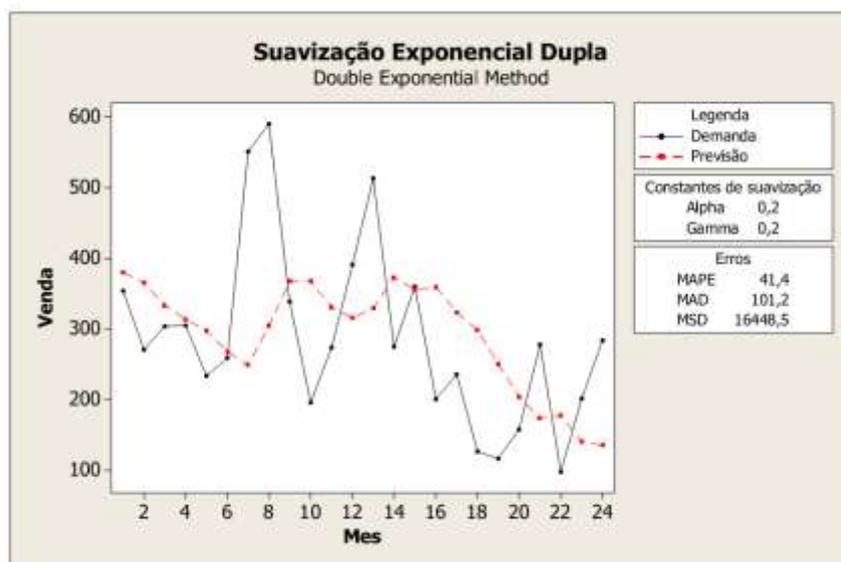
recente e 80% do valor da previsão mais recente. Com base nesta relação, valor real mais recente e previsão mais recente, obtemos o valor de  $\alpha$  mais apropriado, porém com  $\alpha$  igual a 0,2 já temos uma previsão melhor do que o fornecido pelo modelo anterior.

**Tabela 5:** Medidas de acurácia do modelo de suavização exponencial simples.

Erros	
MAPE	42,2
MAD	95,8
MSD	14761

Uma variante dos modelos de suavização, a exponencial dupla, apresentada na figura 4 também fornece bons resultados, próximos aos valores da suavização simples. Neste caso também se utilizou  $\alpha$  igual a 0,2,

além de  $\beta$  igual a 0,2. Este modelo, ao contrário dos expostos anteriormente, trata a componente de tendência através da constante  $\beta$ .



**Figura 4 - Suavização exponencial dupla**

Na tabela 6 e 7 se tem o resultado da aplicação do método de suavização exponencial dupla, com constante de

suavização igual a 0,2, que atribui pesos menores aos valores mais antigos da série histórica.

**Tabela 6:** Demanda prevista com suavização exponencial dupla.

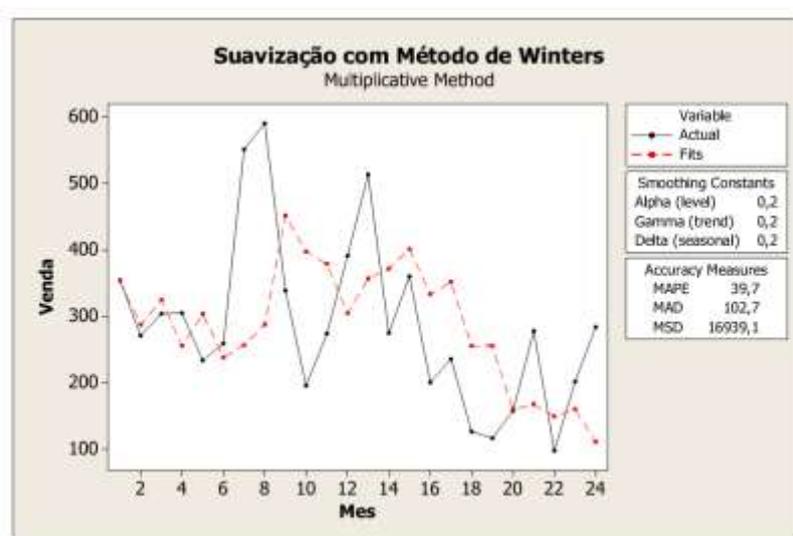
Mês	Vendas	Previsão	Erro	Mês	Vendas	Previsão	Erro
jan/11	354	380	-26	jan/12	513	330	183
fev/11	271	366	-95	fev/12	275	373	-98
mar/11	304	334	-30	mar/12	360	356	4
abr/11	305	314	-9	abr/12	201	359	-158
mai/11	234	298	-64	mai/12	236	324	-88
jun/11	259	268	-9	jun/12	127	299	-172
jul/11	551	249	302	jul/12	117	250	-133
ago/11	590	304	286	ago/12	158	204	-46
set/11	339	368	-29	set/12	278	174	104
out/11	196	367	-171	out/12	98	177	-79
nov/11	274	331	-57	nov/12	202	141	61
dez/11	391	316	75	dez/12	284	136	148

**Tabela 7:** Medidas de acurácia suavização exponencial dupla.

Erros	
<b>MAPE</b>	41,4
<b>MAD</b>	101,2
<b>MSD</b>	16448,5

Na figura 5 temos o gráfico da previsão de demanda realizada com o método de suavização de Winters. Este modelo é mais apropriado quando precisamos tratar

simultaneamente as componentes da tendência e sazonalidade. Este modelo trabalha na forma multiplicativa ou aditiva.



**Figura 5 -** Suavização exponencial de Winters (Método Multiplicativo)

Na tabela 8 vemos o resultado da aplicação do método de suavização exponencial de winters, com constante de

suavização igual a 0,2, que atribui pesos menores aos valores mais antigos da série histórica.

**Tabela 8:** Demanda prevista com suavização exponencial de Winters (Método multiplicativo).

Mês	Venda	Previsão	Erro	Mês	Venda	Previsão	Erro
jan/11	354	354	0	jan/12	513	357	156
fev/11	271	287	-16	fev/12	275	372	-97
mar/11	304	325	-21	mar/12	360	401	-41
abr/11	305	255	50	abr/12	201	333	-132

mai/11	234	304	-70	mai/12	236	352	-116
jun/11	259	239	20	jun/12	127	255	-128
jul/11	551	257	294	jul/12	117	256	-139
ago/11	590	287	303	ago/12	158	160	-2
set/11	339	452	-113	set/12	278	168	110
out/11	196	397	-201	out/12	98	150	-52
nov/11	274	378	-104	nov/12	202	160	42
dez/11	391	304	87	dez/12	284	112	172

No modelo multiplicativo o nível da série é multiplicado por uma componente sazonal, fazendo com que o nível médio aumente com o passar do tempo, devido asazonalidade. No caso do modelo aditivo também há o aumento do nível médio devido

a componente de sazonalidade, porém mantém-se constante a amplitude da flutuação em relação ao nível médio.

**Tabela 9:** Medidas de acurácia suavização exponencial de Winters (Método Multiplicativo).

Erros	
<b>MAPE</b>	39,7
<b>MAD</b>	102,7
<b>MSD</b>	16939,1

Como se pode observar a suavização exponencial de Winters, também conhecida como Holt-Winters, apresenta um erro ligeiramente menor. Observação feita para o modelo de suavização simples, com relação a obtenção dos valores ótimos das constantes de suavização, também é válida para este modelo. No entanto uma previsão feita com valores de  $\alpha=\beta=0,2$  já apresenta resultados muito melhores dos que os fornecidos pela média móvel, modelo utilizado atualmente pela empresa.

Na utilização dos modelos ARIMA (1,1,1), ARIMA(2,1,1), ARIMA(3,2,2) e ARIMA (3,1,3). O primeiro parâmetro, p, refere-se à quantidade de termos autoregressivos utilizados para a previsão. O segundo parâmetro do modelo, d, representa a quantidade de diferenças aplicadas na série original, a fim de se obter uma série estacionária, já que a aplicação destes modelos pressupõe-se que há estacionariedade na série.

Em um único modelo utilizamos o parâmetro  $d$  igual a 2, pois o software informou que o modelo ARIMA(3,1,1) ajustado gerou erro por não ser não-estacionário ou não-invertível. Por fim o

termo  $q$  refere-se à quantidade de termos da média-móvel. Na tabela 10 se apresentam os resultados do ano de 2012 decada modelo ARIMA utilizado no Minitab<sup>®</sup>, bem como se apresentam na tabela 11 os seus erros.

**Tabela 10:** Previsão com método ARIMA.

Mês	Venda	Previsão ARIMA (1,1,1)	Erro ARIMA (1,1,1)	Previsão MA (2,1,1)	Erro ARIMA (2,1,1)	Previsão MA (3,2,2)	Erro ARIMA (3,2,2)	Previsão ARIMA (3,2,2)	Erro ARIMA (3,2,2)
jan/12	513	313	200	338	175	335	178	344	169
fev/12	275	343	-68	339	-64	563	-288	333	-58
mar/12	360	290	70	231	129	290	70	215	145
abr/12	201	308	-107	335	-134	483	-282	366	-165
mai/12	236	271	-35	257	-21	10	226	207	29
jun/12	127	276	-149	315	-188	266	-139	317	-190
jul/12	117	248	-131	265	-148	35	82	233	-116
ago/12	158	241	-83	289	-131	77	81	244	-86
set/12	278	246	32	296	-18	170	108	311	-33
out/12	98	271	-173	313	-215	231	-133	251	-153
nov/12	202	227	-25	215	-13	117	85	226	-24
dez/12	284	247	37	299	-15	278	6	267	17

**Tabela 11:** Medidas de Acurácia com método ARIMA.

	ERROS ARIMA (1,1,1)	ERROS ARIMA (2,1,1)	ERROS ARIMA (3,2,2)	ERROS ARIMA (3,1,3)
MAPE	32,7	<b>31,1</b>	49,0	29,7
MAD	98,1	<b>89,1</b>	142,2	87,7
MSD	16149,7	<b>14806,6</b>	30801,9	13448,0

## 4.2 Comparação dos resultados

Todos os resultados de erros dos modelos são unificadas a fim de verificar qual

modelo apresentou menores erros, conforme tabela 12. É possível observar que à medida que aplicamos modelos com complexidade

crescente, ou seja, do modelo de médias-móveis até os modelos ARIMA, o erro MAPE

apresentou queda significativa em geral.

**Tabela 12:** Resultado geral dos modelos de previsão de demanda.

<b>Modelo</b>	<b>MAPE ou EPAM</b>	<b>MAD ou EAM</b>	<b>MSD ou EQM</b>
Média Móvel	71,0	114,7	18535,0
Suavização Exponencial Simples	42,2	95,8	14761,0
Suavização Exponencial Dupla	41,4	101,2	16448,5
Suavização Winters Multiplicativa	39,7	102,7	16939,1
Suavização Winters Aditiva	39,1	101,9	16910,3
ARIMA(1,1,1)	32,8	103,7	17541,6
ARIMA(2,1,1)	31,1	89,1	14806,6
ARIMA(3,2,2)	49,0	142,2	30801,9
ARIMA(3,1,3)	29,7	87,7	13448,0

Com relação ao modelo ARIMA, foram aplicados com outros parâmetros p,d e q, porém estes apresentam erro semelhante aos 4 modelos da tabela 12. O modelo ARIMA (3,2,2), mesmo apresentando MAPE consideravelmente maior que os outros modelos ARIMA, foi mantido na tabela para deixar claro que uma combinação entre os parâmetros destes modelos é o ponto fundamental para a escolha do melhor modelo. As técnicas de obtenção dos parâmetros não são citadas neste trabalho, já que o foco é a aplicação da ferramenta matemática, com auxílio da ferramenta computacional, com a análise e interpretação dos dados.

## 5 Conclusão

As previsões geradas pelo modelo ARIMA (3,1,3) apresentam erro percentual absoluto médio e erro absoluto médio menor que os mesmos tipos de erros gerados pelos outros modelos. Isto se deve ao fato de que os modelos ARIMA são mais apropriados quando a série histórica apresenta componentes de tendência e sazonalidade, características que os modelos de média-móvel, por exemplo, não dão tratamento adequado. Os modelos de ajuste de tendência linear e quadrático, também apresentaram bons resultados, e levam uma vantagem com relação aos modelos ARIMA, por serem mais fáceis de aplicar e interpretar os resultados.

No caso do modelo de médias móveis, utilizado pela empresa até o momento, além

de não ser adequado para gerar previsões com a curva de demanda, que possui componentes de tendência e sazonalidade, apresenta MAPE muito elevado, em torno de 70%.

Os modelos de suavização, por conterem constantes que ajustam as componentes de sazonalidade e/ou tendência apresentaram resultados razoáveis, e também são de fácil aplicação e interpretação. No momento atual da empresa, seria mais interessante a adoção destes modelos (ajuste de tendências ou suavização) em substituição aos modelos de médias-móveis, pois apresentam muita semelhança na aplicação, e seus resultados estão próximos aos dos demais modelos. Num outro momento a implantação dos modelos ARIMA seria a decisão ideal, pois apresentam menor erro, e ainda é possível obter maiores níveis de melhoria na previsão ao encontrar os parâmetros  $(p,d,q)$  ideais. Possivelmente obtendo erros menores do que o apresentado na tabela 17. Para a obtenção dos parâmetros ideais será necessário um estudo teórico mais aprofundado na modelagem com o ARIMA, pois o presente trabalho focou na busca de menores erros de previsão com a utilização do software Minitab<sup>®</sup>.

Os dados apresentados neste trabalho mostram que é perfeitamente possível a melhoria da previsão de demanda com o fornecimento de informações mais precisas ao setor de planejamento e controle da produção, o PCP, gerando resultados positivos não

somente neste setor, mas como em toda a organização. Diversas tomadas de decisão serão possíveis com a previsão de demanda realizadas com taxas de erros menores.

Recomenda-se que a empresa introduza métodos científicos de previsão no auxílio à tomada de decisão, tanto no processo de avaliação da demanda, quanto em outros processos. É importante que a empresa tenha a compreensão de que o método científico não irá fornecer as respostas para os problemas encontrados, mas mostrarão aspectos importantes na hora de decidir. Além disso, permitirá traçar um caminho fácil de ser seguido em busca dos objetivos da empresa, como aumento do lucro, alcançar as metas de vendas, diminuição de não conformidades dos produtos, diminuição de custos de produção e etc.

A utilização de ferramentas estatísticas, se difundida na empresa, criará um diferencial fundamental na tomada de decisão, pois esta não ficará dependente somente do julgo do administrador, sua experiência e conhecimento. Haverá informações importantes para a melhor tomada de decisão. É interessante também que nas reuniões de previsão de demanda estejam presentes os demais setores da empresa, já que uma previsão de demanda feita com qualidade necessita de informações de todos os setores. Isso irá refletir também de forma positiva no desempenho de todos os setores.

É importante também que ocorra o rompimento de algumas barreiras culturais com relação à utilização de métodos científicos nas empresas. Ainda perdura a visão do gestor conhecedor do mercado ou processo, com larga experiência e conhecimento, que toma as decisões operacionais ou estratégicas com base apenas no *feeling*. Hoje com a velocidade das mudanças nas empresas, economia e mercados, nenhum grau de conhecimento ou experiência será mais rápido e eficiente do que a análise de informações em softwares estatísticos e matemáticos.

Além da agilidade e acurácia que os métodos estatísticos podem fornecer ao tomador de decisão, este poderá perceber mudanças na demanda dos produtos da empresa antes que isto seja alarmado por crises financeiras e de mercado. Ao analisarmos a curva de demanda do produto A, no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2011 vemos uma tendência positiva, ou seja, crescimento nas vendas.

#### REFERÊNCIAS

BERTOLO, L.A. *Técnicas de previsão de Box- Jenkins no Excel*, IMES – Catanduva, 2010.

CHASE, R.B.; AQUILANO, N.J.; JACOBS, F.R. *Administração da produção para vantagem competitiva*, 11 ed, São Paulo, McGrawHill, 2010.

CORREA, H.; GIANESI, I.; CAON, M.; *Planejamento, programação e controle da Produção*, 5 ed. São Paulo, Atlas, 2009.

COSTA, M; JACOBS, WILLIAM; *Previsão da demanda de um produto industrial utilizando a metodologia de Box-Jenkin*. Revista Destaques acadêmicos, CETEC/UNIVATES, v.3, n.4, 2011.

FAVA, V. L. Manual de econometria. In: VASCONCELOS, M. A. S.; ALVES, D. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

FELIN NUNES, C.; WEISE, A.D.; SOUTO BOLZAN MEDEIROS, F.. Uma proposta de alinhamento das áreas de pesquisa em um programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Revista Produção e Desenvolvimento, v. 1, n. 2, p. 44-55, 2015.

GALVÍNCIO, J.D; SALVIANO de Sousa, F.D; SOUZA, I.F; *Uso de modelos autoregressivos e médias-móveis para geração de vazões médias mensais na bacia hidrográfica do alto São Francisco*, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999

HASTENTEUFEL, C., LARENTIS, F. Análise da rentabilidade de clientes através da margem de contribuição: um estudo em uma empresa de médio porte do setor moveleiro localizada na Serra Gaúcha. Revista Produção e Desenvolvimento, v.1, n.1, p.60-76, 2015.

LEMOS, F.O. Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda, Dissertação para obtenção de título de mestre, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.; QUELHAS, R.; *Planejamento e controle da Produção*, 1 ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2008.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P.; *Administração da produção*, 2ed, São Paulo, Saraiva, 2010.

MOREIRA, E.; PACAGNELLA JÚNIOR, A.C.; PACÍFICO, O.; SALGADO JÚNIOR,

A. P. Contribuições do planejamento e controle da produção para a competitividade empresarial: um estudo em uma empresa do setor moveleiro. *Espacios*, v.35, n.9, 2014.

MORETTIN, P.A; TOLOI, C.M. *Análise de séries temporais, 2ed ver ampl, São Paulo, Blucher, 2006.*

PETRÔNIO, G. M; LAUGENI, P. F. *Administração da Produção. 2ª ed. São Paulo. Ed.Saraiva. 2005*

SENNÁ, P., TANSCHÉIT, R., GOMES, A.M. Planejando o processo de previsão de demanda com auxílio da lógica fuzzy. *Revista Produção e Desenvolvimento*, v.1, n.2, p.90-103, mai/ago, 2015.

SILVA, E.L; MENEZES, E.M; *Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação, 4ed, Florianópolis, UFSC, 2005.*

SOUZA, G.P.; SAMOHYL, R.W.; DE MIRANDA, R.G.; *Métodos simplificados de previsão empresarial, 1 ed. Rio de Janeiro, Ciencia Moderna, 2008.*

SOUZA, R.C; CAMARGO, M.E.; *Análise e previsão de séries temporais; Os modelos ARIMA, 2ed, Rio de Janeiro, 2004.*

TUBINO, D.F.; *Planejamento e controle da produção – Teoria e Prática, 1ed, 2 reimpr., São Paulo, Atlas, 2008.*

VOLLMANN, T.E.; BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C.; JACOBS, F.R.; *Sistemas de planejamento e controle da produção para o gerenciamento da cadeia de suprimentos, 5ed., São Paulo, Bookman, 2005.*