

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

PAULO HENRIQUE ROSSI JARDINI

**Previsão de Demanda em uma Rede de Varejo de Eletrodoméstico como Apoio
ao Gerenciamento de Estoque**

Juiz de Fora
2010

PAULO HENRIQUE ROSSI JARDINI

**Previsão de Demanda em uma Rede de Varejo de Eletrodoméstico como Apoio
ao Gerenciamento de Estoque**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Diogo Antônio Rodrigues

Juiz de Fora

2010

PAULO HENRIQUE ROSSI JARDINI

PREVISÃO DE DEMANDA EM UMA REDE DE VAREJO DE ELETRODOMÉSTICO
COMO APOIO AO GERENCIAMENTO DE ESTOQUE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em: 23/06/2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Diogo Antônio Rodrigues (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Marcos Martins Borges
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Marcus Vinicius da Silva dos Santos
Universidade Federal de Juiz de Fora

RESUMO

O presente trabalho objetiva abordar teorias sobre modelos matemáticos de previsão de fenômenos, a fim de realizar previsões de demanda, em uma empresa de eletrodomésticos e eletrônicos, utilizando como produto o refrigerador. Este produto foi escolhido pelo fato de ter um alto valor agregado e bom volume de vendas, fatores que interferem diretamente no lucro da empresa, se o estoque não estiver planejado no nível correto. A empresa selecionada, Ricardo Eletro, se caracteriza por ser uma das maiores do setor de varejo de eletrodomésticos, fundada em 1989 e com lojas no sudeste, sul, nordeste e centro-oeste; além do mais, é presente em nove estados do país. Com a concorrência crescente e percentuais de lucro cada vez menores em busca de galgar novos clientes, um estoque planejado pode ser um grande diferencial. Estoque maior que o necessário é dinheiro parado que perde poder aquisitivo e reduz o lucro, enquanto que, estoque baixo pode ocasionar em perda de clientes potenciais. Portanto, para alcançar o objetivo, foram feitas análises dos dados relativos às aquisições do produto em questão, identificação de possíveis períodos de sazonalidade de vendas e linha de tendência que podem interferir no planejamento do estoque. Para isto, foram aplicados os seguintes métodos: método da Ponderação Exponencial Completa (método de Holt-Winters), que considera o ajuste de nível, tendência e sazonalidade; método da decomposição clássica da série de tempo; método das médias móveis; método Box & Jenkins (ARIMA) e também o método da previsão colaborativa.

Palavras-chave: Demanda. Previsão e estoque planejado.

ABSTRACT

This paper aims to address theories of mathematical models for predicting phenomena in order to make forecasts of demand, a company of home appliances and electronics, using the product cooler. This product was chosen because it has a high added value and good sales volume, factors that directly affect the company's profit if the stock is not planned at the correct level. This company is characterized as one of the largest home appliance retail sector, founded in 1989 with stores in the southeast, south, northeast and central-west and in nine states. With competition increasing and the percentage of profit shrinking climb in search of new customers, a planned inventory can be a big difference, stock greater than the money needed is still losing purchasing power and reduces the profit, low inventory may result in loss potential customers. Analyze data on the purchases of the product in question, identify potential periods of seasonal sales and the trendline that may interfere with the planning of the stock. Application of tools for forecasting and inventory control more efficient method of Exponential Weighting Complete (Holt-Winters method) considering the level adjustments, trend and seasonality, the classical method of decomposition of time series, method of moving averages, Method Box & Jenkins (ARIMA) and also the method of collaborative forecasting are examples of models that are used in this work.

Keywords: Demand forecasting. Inventory and planned;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Triângulo Logístico	38
Figura 02 – Série Histórica da Demanda por Geladeira	40
Figura 03 – Autocorrelação da serie histórica	41
Figura 04 – Autocorrelação Parcial da serie histórica	41
Figura 05 – Metodologia para Interpretação dos Out-Puts do Software de Previsão	42
Figura 06 - Análise de Tendência.....	43
Figura 07 - Previsão pelo Método da Ponderação Exponencial Apenas com Ajuste de Nível	44
Figura 08 - Previsão Pelo Método da Ponderação Exponencial Apenas com Ajuste de Nível e Tendência	44
Figura 09 - Previsão Pelo Método da Ponderação Exponencial com Ajuste de Nível, Tendência e Sazonalidade	45
Figura 10 Previsão Pelo Método da Decomposição Clássica da Série de Tempo_...	47
Figura 11 - Método Médias Móveis	49
Figura 12 - Método das Médias Móveis Exponencial	51
Figura 13 - Previsão Pelo Método de Box e Jenkins (Arima)	52
Figura 14 - Autocorrelação do Erro da Série Histórica da Demanda por Refrigeradores na Empresa em Estudo	52
Figura 15 - Comparativo entre os Modelos de Previsão_	55

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela 01</u> – Quantidade de Venda de Refrigeradores	<u>39</u>
<u>Tabela 02</u> – Previsão Utilizando o Método Ponderação Exponencial_	<u>45</u>
<u>Tabela 03</u> – Previsão Utilizando o Método Médias Móveis	<u>48</u>
<u>Tabela 04</u> – Previsão Utilizando o Método Médias Móveis Exponencial.....	<u>50</u>
<u>Tabela 05</u> – Comparativo entre os Métodos de Médias Móveis.....	<u>51</u>
<u>Tabela 06</u> - Resultados do Método de Box e Jenkins	<u>53</u>
<u>Tabela 07</u> - Comparativos entre as Melhores Performances, de cada Modelo, entre os Diversos Métodos.....	<u>54</u>
<u>Tabela 08</u> - Previsão de Demanda, Método Arima, para 10 Meses	<u>55</u>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	9
1.2	OBJETIVOS	10
1.3	JUSTIFICATIVAS	10
1.4	CONDIÇÕES DE CONTORNO	11
1.5	METODOLOGIA	12
2	EMBASAMENTO TEÓRICO	13
2.1	PREVISÃO: FUNDAMENTOS E CONCEITOS	13
2.1.1	Conceitos Sobre Demanda	14
2.2	MÉTODOS DE PREVISÃO	16
2.3	PONDERAÇÃO EXPONENCIAL	17
2.4	CORRIGINDO A TENDÊNCIA	18
2.5	CORRIGINDO A TENDÊNCIA E A SAZONALIDADE	18
2.6	CÁLCULO DO PERÍODO DE SAZONALIDADE	19
2.7	MÉTODO DA DECOMPOSIÇÃO CLÁSSICA DA SÉRIE DE TEMPO	20
2.8	MÉTODO DAS MÉDIAS MOVEIS	22
2.9	MÉTODO ARIMA	23
2.9.1	Modelo ARMA	25
2.9.2	A Formulação do Modelo ARIMA	27
2.10	MÉTODO DE PREVISÃO COLABORATIVA	28
2.11	DEFINIÇÃO DOS ERROS DE PREVISÃO	29
2.12	CONCEITO DE ESTOQUE	30
2.13	TIPOS DE ESTOQUE	33
2.14	GERENCIAMENTO DE ESTOQUE	33
2.14.1	Objetivo do Estoque	34
2.14.2	Custo Relativo à Estoque	35
3	ANÁLISE	36
3.1	HISTÓRICO	36
3.2	DESCRIÇÃO DO PROJETO	37
3.3	DADOS HISTÓRICOS	39
3.4	ANÁLISE DE PREVISÃO DE DEMANDA SEGUNDO O MÉTODO DA PONDERAÇÃO EXPONENCIAL COMPLETA	43
3.5	ANÁLISE DE PREVISÃO DE DEMANDA SEGUNDO O MÉTODO	

DA DECOMPOSIÇÃO CLÁSSICA DA SÉRIE DE TEMPO	46
3.6 ANÁLISE DE PREVISÃO DE DEMANDA SEGUNDO O MÉTODO DE MÉDIAS MÓVEIS.....	47
3.7 ANÁLISE DE PREVISÃO DE DEMANDA SEGUNDO O MÉTODO BOX & JENKINS (ARIMA)	51
3.8 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE PREVISÃO	53
4 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A globalização tem sido observada na prática como o aumento da concorrência entre os diferentes mercados existentes e considera que produtos e serviços podem ser oferecidos a qualquer consumidor em qualquer parte do mundo. Não é conveniente para as empresas pensarem em mercados fechados, salvo empresas localizadas em países muito atrasados que ainda possuem reservas de mercado. Daí ser importante investir em previsão aproveitando as oportunidades existentes e minimizando os riscos inerentes à atividade empresarial.

Neste ambiente globalizado, no qual as empresas se inserem, a competição por produtos, mercados e conhecimento torna a sobrevivência um desafio cada vez mais difícil. A falta de previsibilidade tem reflexo amplo que pode comprometer as empresas em seus mercados locais ou globais, podendo inviabilizar a comercialização de seus produtos. Surge então, uma nova necessidade, que é aumentar a previsibilidade, onde as empresas têm sofrido pressões dos clientes para o cumprimento de prazos de entrega e dos concorrentes que prometem cumprir os prazos de entrega no dia e horário marcado.

Na atividade profissional de um gerente de estoque de uma empresa nacional do setor de eletrodomésticos e eletrônicos, é possível observar claramente a importância que as ferramentas para previsão de demanda possuem na melhoria da eficiência e eficácia da gestão de estoques, além de permitir equacionar de forma adequada os produtos que atendem melhor as necessidades dos clientes.

São diversos os fatores que possibilitam observar a grande importância que a previsão de demanda possui para as organizações empresariais, e o objetivo deste trabalho é proporcionar desenvolvimento para as organizações empresariais.

A utilização dos objetivos propostos pelo método de previsão de demanda e o comprometimento com o método visam proporcionar às organizações ganhos operacionais, com a otimização da utilização dos recursos, ao reduzir perdas por

falhas de aquisições, ou perda de clientes potenciais que deixam de efetuar a compra de um produto por este estar em falta no estoque, proporcionando uma utilização mais racional dos recursos disponíveis.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho foi realizar a previsão de demanda em uma empresa de eletrodomésticos e eletrônicos e, no produto refrigerador, comparar entre os métodos de previsão de demanda qual estaria mais alinhado com os dados da empresa e apresentar o melhor resultado através da análise e monitoramento do erro, para com isso, apoiar o gerenciamento do estoque.

1.3. JUSTIFICATIVAS

A Engenharia de Produção se dedica ao projeto e gerência de sistemas que envolvem pessoas, materiais, equipamentos e o ambiente. Dentre suas grandes áreas de conhecimento e atuação, encontra-se a Logística, complexa e fabulosa, engloba diversas ferramentas que auxiliam o homem na difícil tarefa controlar estoques, efetuar compras compatíveis com a demanda, ou seja, gerir uma empresa. Assim, o presente trabalho se propõe a abordar uma das áreas temáticas que têm grande importância no contexto dos processos, verificando-se, deste modo, a relevância dessa pesquisa no contexto da Engenharia de Produção (SLACK, 2007).

A falta de espaço para estocar material e o custo alto atrelado ao produto estocado são preocupações crescentes na maioria das empresas, onde uma previsão da demanda próxima da real é a ambição da maioria delas, então foram desenvolvidas metodologias que possibilitam uma boa aproximação como o método da Ponderação Exponencial Completa (método de Holt-Winters) que considera os ajuste de nível, tendência e sazonalidade e também o modelo Box & Jenkins (ARIMA) entre outras. A comparação da curva de compensação entre o custo de

manter unidades em estoque, em detrimento as perdas de potenciais vendas quando ocorre à falta de um produto, estimula a realização deste trabalho, pois poderá evidenciar qual fator terá maior peso para o negócio (BALLOU, 2006).

A empresa foi escolhida por disponibilizar dados sobre seu estoque, volume das aquisições e volume das vendas, por ser uma empresa de ponta no setor atuante e estar em crescente expansão alcançando uma fatia do mercado cada vez maior. Um estoque com maior previsibilidade é importante para se adequar ao espaço físico existente para este fim, principalmente por ser uma empresa que utiliza como política de concorrência o menor preço. Um nível de estoque planejado pode contribuir para reduzir o custo unitário do produto e acarretar em ganhos de vendas maiores.

1.4. CONDIÇÕES DE CONTORNO

Este trabalho buscará desenvolver a questão da previsão de demanda para uma empresa de eletrodomésticos e eletro eletrônicos, fundada em 1989, por Ricardo Nunes, inicialmente, uma pequena loja, na cidade de Divinópolis, Minas Gerais. Desde a sua fundação, a empresa expandiu suas atividades continuamente, em menos de duas décadas tornou-se uma das maiores redes de varejo de eletrodomésticos do país (disponível na internet <www.ricardoeletro.com.br/Institucional/Index/NossasLojas> 10/11/2009). Utilizará vários métodos quantitativos e qualitativos para previsão de demanda e contribuir para um melhor gerenciamento do estoque.

Este trabalho tem como escopo um produto comercializado pela empresa de eletrodomésticos e eletro eletrônicos, refrigeradores, que são vendidos por unidade, e comprado pela empresa em lotes. A abordagem aplicada nesta pesquisa tem caráter amplo, porque toda teoria nela proposta pode ser aplicada a outros itens que possuam comportamento parecido salvo restrições de cada problema. Assim este não será um trabalho de cunho restritivo, pois o controle do estoque através dos modelos apresentados será possível para inúmeros produtos.

A escolha do produto refrigerador como alvo deste trabalho, deu-se em virtude deste ser um dos produtos que apresentam menor substituição e já estar no mercado por um longo período sem sofrer grandes alterações em relação ao produto inicial, possuir um alto valor agregado e bom volume de vendas.

1.5. METODOLOGIA

Para a elaboração do estudo proposto, a metodologia a ser utilizada consiste de uma revisão bibliográfica sobre o tema em artigos e textos nacionais e internacionais de forma a embasar o conteúdo teórico a ser apresentado. Serão utilizados materiais impressos, procedimentos e outros documentos da empresa, respeitando sua política de segurança e sigilo das informações.

Para o estudo de caso, foram coletados dados de sobre vendas do referido produto dos últimos 24 meses. A coleta de dados será realizada através de solicitação para o grupo responsável pela área, utilização do banco de dados da empresa, que possui as informações de interesse para a execução deste estudo. Os dados históricos que foram coletados são; volume mensal de vendas do produto, eventos que podem ter elevado ou reduzido às vendas em um dado mês.

Foi utilizado o conceito de utilização do método de previsão de demanda. A partir da análise dos dados coletados, o relatório final será elaborado para apresentação dos resultados obtidos e das conclusões. O cronograma de atividades para desenvolvimento do projeto segue conforme abaixo apresentado.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1. PREVISÃO: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

A previsão dos níveis de demanda é vital para a empresa como um todo, em tomada de decisão é bastante comum tratar problemas cujas decisões a serem tomadas são funções de fatos futuro. Os níveis de demanda e os momentos em que ocorrem afetam fundamentalmente os índices de capacidade, as necessidades financeiras e a estrutura geral de qualquer negócio, isso implica que os dados descrevendo a situação de previsão precisam ser representativos do que ocorre no futuro. Para um melhor gerenciamento do estoque é necessário um planejamento específico para o item controlado e tomar decisões de acordo com a demanda.

A previsão de demanda pode ser formulada para diferentes horizontes dependendo da área da empresa e do produto alvo, estes horizontes são: curto, médio ou longo prazo. De acordo com Buffa & Sarin (1987) pode-se definir estes horizontes da seguinte maneira:

Curto prazo: previsões relacionadas com a programação da produção e decisões relativas ao controle de estoque.

Médio prazo: o horizonte de planejamento varia aproximadamente de seis meses a dois anos. Planos como o agregado e o plano mestre de produção, baseiam-se nestas previsões.

Longo prazo: o horizonte de planejamento se estende aproximadamente há cinco anos ou mais. Auxilia decisões de natureza estratégica, como ampliações de capacidade, alterações na linha de produtos, desenvolvimento de novos produtos, etc.

Além dos três horizontes descritos acima existe o Prazo Imediato que de acordo com Souza & Camargo (1996, p. 13) “menor que um mês (seria razoável que tivéssemos dados diários ou semanais)”.

As empresas mantêm estoques devido ao receio de deixar de atender pedidos dos clientes e isso pode ocasionar não só na perda do lucro da venda específica, mas perder o cliente em vendas futuras. Se houver certeza de que não haverá falhas no fornecimento, ou que a demanda não ultrapassará um dado limite não há necessidade de trabalhar-se com estoque excessivo. Em inúmeros casos a demanda de um produto é tão imprevisível que se torna complicado elaborar um planejamento de compras compatível com o desejado pelo mercado.

Conforme Ballou (2006, p. 242)

A previsão dos níveis de demanda é vital para a empresa como um todo, à medida que proporciona a entrada básica para o planejamento e controle de todas as áreas funcionais, entre as quais Logística, Marketing, Produção e Finanças. Os níveis de demanda e os momentos em que ocorrem afetam fundamentalmente os índices de capacidade, as necessidades financeiras e a estrutura geral de qualquer negócio. Cada uma das áreas funcionais tem problemas específicos de previsão. A previsão logística abrange tanto a natureza espacial quanto a natureza temporal da demanda, a extensão de sua variabilidade e seu grau de aleatoriedade.

2.1.1. Conceitos sobre Demanda

Para realizar uma previsão devemos ter atenção com o tempo em relação ao nível de demanda. A variação da demanda de acordo com o tempo é um resultado do crescimento ou decréscimo nas taxas de vendas, sazonalidade do padrão da demanda e flutuações gerais causadas por inúmeros de fatores. Muitos métodos de previsão de curto prazo trabalham com esse tipo de variação temporal, nas chamadas series temporais (BUFFA & SARIN, 1987).

Demanda Espacial: a logística necessita saber a localização espacial da demanda para planejar a localização de armazéns, balanceamento dos estoques ao longo da rede logística, e alocar geograficamente os recursos destinados ao transporte (SOUZA & CAMARGO, 1996).

Demanda Temporal: preocupações sobre o tempo, ou temporais, com relação aos níveis de demanda de acordo com o tempo é um resultado de crescimento ou decréscimo na taxas de vendas, sazonalidade do padrão da demanda e flutuações gerais causadas por sem-número de fatores. Muitos métodos de previsão de curto prazo trabalham com esse tipo de variação temporal, nas chamadas series temporais. A logística precisa saber onde e quando ocorrerá a demanda (SOUZA & CAMARGO, 1996).

Demanda Irregular: quando um produto tem demanda intermitente, por causa do baixo volume geral de vendas ou da incerteza quanto a quando a demanda irá ocorrer, a serie de tempo é chamada de incerta ou irregular. Essas demandas ocorrem em produtos no inicio ou termino do ciclo de vida. Estes produtos têm difícil previsibilidade por técnicas usualmente utilizadas, necessitando uma maior atenção do profissional de logística (SOUZA & CAMARGO, 1996).

Demanda Regular: quando as componentes dos padrões de demanda podem ser divididas em tendência, sazonalidade ou aleatórios. Falamos então que sua representação típica é de demanda regular, onde os métodos conhecidos de previsão conseguem obter bons resultados (SOUZA & CAMARGO, 1996).

Demanda Dependente: Em um caso, a demanda é gerada a partir de clientes que tem exigências especificadas em mapas de produção, como exemplo, volume de demanda de pneus novos que atende uma montadora de veículos, ou seja, a demanda de pneus vai depender da demanda de veículos. São necessários meios alternativos para previsão, pois a demanda é altamente influenciada e não aleatória (SOUZA & CAMARGO, 1996).

Demanda Independente: quando temos demanda independente os procedimentos de previsão estatística dão bons resultados. A maioria dos procedimentos de

previsão no curto prazo tem base em condições de demanda independente e aleatória (SOUZA & CAMARGO, 1996).

2.2. MÉTODOS DE PREVISÃO

Existem diversos métodos de previsão de demanda desenvolvidos para atuar em três categorias. Cada grupo com diferentes graus de acessibilidade com relação ao longo, médio e curto prazo.

Métodos Qualitativos: são aqueles que recorrem a julgamento, intuição, pesquisa ou técnicas comparativas a fim de produzir estimativas qualitativas sobre o futuro. Utiliza-se de informação não quantitativas. Os dados históricos podem não estar acessíveis ou terem pouca relevância. São difíceis de padronizar e devem ser utilizados para previsões de médio e longo alcance (MOREIRA, 2006).

Métodos de projeção Histórica: quando se dispõe de um número razoável de dados históricos, variações sazonais e tendência na série de tempo, é possível de maneira eficiente, realizar previsões de curto prazo. Partimos do pressuposto que o futuro será uma repetição do passado. Os dados quantitativos são facilmente ajustados por modelos padronizados de previsão para o curto prazo (MOREIRA, 2006).

Métodos Causais: o nível da variável de previsão é derivado do nível de outras variáveis relacionadas. Por exemplo, se o nível de serviço oferecido tem resultado positivo sobre as vendas, conhecendo esse nível de serviço oferecido é possível projetar o nível de serviço “causa” vendas seguindo as premissas da relação causa e efeito, o difícil neste método é identificar essa relação (MOREIRA, 2006).

Existem inúmeras técnicas de previsão dentro deste amplo espectro. Algumas são de maior complexidade, fator que não interfere no resultado da previsão. Pode ocorrer de técnicas de simples utilização conseguir resultados tão bons, ou até melhores que técnicas mais complexas.

2.3. PONDERAÇÃO EXPONENCIAL

A ponderação Exponencial é considerada a melhor técnica de curto prazo segundo Ball ou (2006, p. 249). “A técnica de ponderação exponencial é provavelmente a melhor técnica de previsão a curto prazo”. Técnica de fácil implementação, necessita de um mínimo de dados retidos para aplicação continuadas, preciso, tem capacidade de se adaptar as mudanças fundamentais nos dados de previsão. Trata-se de um tipo de média móvel onde os últimos valores da serie temporal são usados para previsão de um período seguinte, uma vantagem desse método é que os eventos mais atuais recebem maior peso. Pode ser reduzido a uma simples expressão representada pela equação (2.1) onde toda a serie histórica é representada por apenas o ultimo acontecimento.

$$F(t+1) = (\alpha) * A(t) + (1 - \alpha) * F(t) \quad (2.1)$$

Onde

t = período de tempo atual;

F(t+1) = previsão para o novo período;

A(t) = demanda no período t;

α = constante de suavização (ponderação exponencial) e $(0 < \alpha < 1)$;

F(t) = previsão para o período t.

Não é fácil escolher um (α) que tenha valor adequado, isso requer alto grau de conhecimento, com a variação do α pode-se priorizar a previsão ou a demanda do ultimo período ou períodos anteriores, normalmente o valor desta constante fica entre 0,1 e 0,3, assim, a previsão é simplesmente uma soma ponderada da última observação $x(t)$ e da previsão $F(t)$. Devido à relação recursiva entre $F(t+1)$ e $F(t)$, $F(t+1)$ pode ser escrito como em função de sucessões de períodos anteriores, para inicializar os cálculos pode se dizer que a previsão do ultimo período e igual à demanda (BALLOU, 2006).

2.4. CORRIGINDO A TENDÊNCIA

O modelo de previsão da ponderação exponencial obtém bons resultados segundo Ballou(2006) quando aplicado a series de tempo que seguem uma linha sem tendência e sazonalidade, quando esses dois fenômenos estão presentes se faz necessário utilizar técnicas para adequar os dados ao modelo de previsão, expansão do modelo. Para corrigir a tendência é necessário encontrar a inclinação da reta, ou seja, quanto que esta seria esta aumentando ou diminuindo a cada período, utilizamos as seguintes equações (2.2, 2.3 e 2.4).

$$S(t+1)=\alpha*A(t) + (1-\alpha)*(S(t) + T(t)) \quad (2.2)$$

$$T (t+1) = \beta*(S(t+1) - S(t)) + (1 -\beta)*T(t) \quad (2.3)$$

$$F (t+1) = S(t+1) + T(t+1) \quad (2.4)$$

Onde os símbolos adicionais não definidos anteriormente são:

$F(t+1)$ = previsão com tendência corrigida para o período $t+1$;

$S(t)$ = previsão inicial para o período t ;

$T(t)$ = tendência para o período t ;

β = constante ponderada da tendência.

Para este modelo é considerável assumir que a tendência para $t = 0$ é igual à zero.

2.5. CORRIGINDO A TENDÊNCIA E A SAZONALIDADE

Mesmo com a tendência corrigida outro fator pode interferir na utilização do método as flutuações sazonais, para utilização deste modelo que corrige as

flutuações sazonais, dois fatores devem ser levados em conta segundo Ballou(2006, p. 251):

1. Os picos e vales no padrão da demanda precisam ter um motivo conhecido, e devem ocorrer na mesma época todos os anos.
2. A variação sazonal deve ser maior que a variações aleatórias ou ruídos.

Uma forma de efetuar a previsão para series com sazonalidade é desazonalizar a serie temporal produzir a previsão e em seguida acrescentar o efeito sazonal. Quando essa demanda sazonal não é estável e ocorre sem um motivo conhecido e não se consegue discernir dos ruídos, fica difícil desenvolver modelo que venha a executar com exatidão o rumo da demanda para os próximos períodos, uma forma de reduzir o erros para essas series temporais é aumentar o valor da constante de ponderação pois a previsão gerada ficar mais nervosa, com menos atenuação dos efeitos das aleatoriedade (BALLOU, 2006).

2.6. CÁLCULO DO PERÍODO DE SAZONALIDADE

A identificação do período de sazonalidade pode ser feita pela inspeção visual dos dados da série temporal, mas se este período não for de fácil visualização existem outras maneiras de determinar o período do fenômeno sazonal, por exemplo, através da análise da norma do resíduo oriundo da regressão linear para os valores de um gráfico do tipo *Scatter* (espalhar, dispensar) para vários valores de *leg* (perna). Dessa maneira este método analisa a autocorrelação de um dado com o outro. O gráfico do tipo *scatter* é um gráfico que pode ter qualquer dimensão, no caso do bidimensional, o qual, possui no eixo das abscissas os valores da série temporal X_i , e no eixo das ordenadas os valores da série temporal $X_i + leg$. Para facilitar o entendimento, no caso de um *leg* igual a 1, os pontos do gráfico serão: (X_i, X_{i+1}) . O período exato da série será encontrado quando a norma chegar a um valor próximo de zero. Como na prática isto é muito difícil, escolhe-se como o período de sazonalidade, aquele *leg* que resultar na menor norma dos resíduos dos quadrados

(o módulo dos resíduos elevados ao quadrado), provenientes da regressão linear para os valores da demanda realizada. O resíduo é calculado pela diferença do valor esperado da variável e seu valor real (BALLOU, 2006).

2.7. MÉTODO DA DECOMPOSIÇÃO CLÁSSICA DA SERIE DE TEMPO

Método que oferece utilidade continua com o passar do tempo de acordo com Ballou (2006), em sua análise clássica que consiste de fácil utilização e grande aceitação pelo motivo de não ser inferior a métodos mais sofisticados quanto ao resultado das previsões, método que dividi o padrão do histórico de vendas em quatro categorias: tendência, variação sazonal, variação cíclica e residual (ou aleatória). A tendência representa todas as mudanças sofridas pelas vendas durante os períodos anteriores devido a fatores históricos de longo prazo. A sazonalidade são variações normais em series temporais que normalmente se repetem a cada 12 meses. A variação cíclica consiste nas ondulações de longo prazo na demanda padrão. A variação residual é aquela não explicada por nenhum dos três itens levantados anteriormente (BALLOU, 2006).

A decomposição clássica da serie de tempo segue a equação (2.5):

$$F = T \times S \times C \times R \quad (2.5)$$

Onde

F = demanda prevista;

T = nível de tendência;

S = índice cíclico;

R = índice residual;

Em muitos casos a variação cíclica se mistura a variações aleatórias, devido a este fato utiliza valor residual igual um, isso não afeta o valor da previsão, assim como utilizar valor cíclico igual a um, pois o modelo e atualizado sempre que novos dados tornam-se disponíveis.

O valor da tendência(T) no modelo pode ser determinado por vários métodos uma forma é utilizar o método dos mínimos quadrados que na pratica ajusta os

dados mensurados com a linha de tendência, que seria a ideal utilizando regressão da soma dos quadrados da diferenças desses dois parâmetros. Uma linha de mínimos quadrados pode ser encontrada por qualquer forma de linha de tendência, seja linear ou não.

Uma linha de tendência linear pode ser expressa pela equações (2.6, 2.7 e 2.8):

$$T = a + b(t) \quad (2.6)$$

Onde

t = tempo;

T = nível médio de demanda (Tendência);

a e b = coeficientes a serem determinados pela série de tempo correspondentes.

$$b = \frac{\sum D(t) - N(Dm)(tm)}{\sum (t)(t) - N(tm)(tm)} \quad (2.7)$$

e
$$a = Dm - b(tm) \quad (2.8)$$

Onde:

N = numero de observações usadas no desenvolvimento da linha de tendência;

D(t) = A demanda real no período de tempo t;

Dm = demanda media em N períodos de tempo;

tm = media de t ao longo de N períodos de tempo.

O componente de sazonalidade do modelo é representado por um índice de valor que muda para cada período de previsão, utilizando como base a linha de tendência (BALLOU, 2006).

$$S(t) = D(t)/T(t) \quad (2.9)$$

Onde

S(t) = índice sazonal no período de tempo t;

D(t) = demanda media;

$T(t)$ = valor da tendência determinado por $T = a + b(t)$.

Então a previsão é feita para o período de tempo t no futuro com a utilização das equações (2.9 e 2.10):

$$F(t) = T(t) \times S(t - L) \quad (2.10)$$

Onde

$F(t)$ = demanda de tempo prevista no período de tempo de tempo t ;

L = numero de períodos no ciclo sazonal.

Quando um modelo matemático adotado é não-linear, o procedimento utilizado mais comum é linearizar o modelo mediante um desenvolvimento em serie (geralmente a serie de Taylor é utilizada).

2.8. MÉTODO MÉDIA MÓVEL

O método de previsão de demanda média móvel é de fácil entendimento e pode ser utilizado para uma enorme gama de situações, cada ponto de uma média móvel numa série de tempo é a média aritmética ou ponderada de um numero de pontos consecutivos das séries, na qual o número de pontos de dados é escolhidos de forma a eliminar os efeitos da sazonalidade ou irregularidade (MOREIRA, 2006).

Uma média, como o nome diz, mostra o valor médio de uma amostra de determinado dado. Uma média móvel aritmética (MMA) é uma extensão desse conceito, representando o valor médio, em um período de tempo e pela equação (2.11).

$$MMA = V(1) + V(2) + \dots + V(n) / N \quad (2.11)$$

Na fórmula acima, V representa os diferentes valores, enquanto que N é a janela de tempo sobre a qual se constrói a média. O parâmetro N é muito importante

quando trabalhamos com médias móveis, pois é a variável que iremos ajustar para obter melhores resultados. Modificando seu valor, a média irá responder mais ou menos rapidamente às variações da demanda.

A palavra móvel está presente pelo fato de que quando um novo evento entra no cálculo o mais antigo sai. Por exemplo, se estamos usando uma média de 20 barras e surge um novo evento o último desses 20 eventos é excluído do cálculo, enquanto que o mais recente entra. Assim, a média "movimenta-se" originando o respectivo nome.

Abaixo temos a fórmula da média móvel exponencial (MME). Real representa a demanda real do dia e MME ontem é o valor anterior da média móvel exponencial (previsão) e K é uma variável dependente do período N como pode ser visto na equação (2.12).

$$\text{MME} = \text{Real} * K + \text{MMEontem} * (1 - K) \quad (2.12)$$

Onde

$$K = 2 / N + 1$$

Ao contrário da média simples, na exponencial os dados mais novos possuem uma importância superior. Além disso, os valores mais antigos não são diretamente descartados quando passam a constar fora da janela de cálculo. Eles mantêm uma participação no valor da média exponencial que vai ficando cada vez menor com o tempo (MOREIRA, 2006).

2.9. MÉTODO ARIMA

Para um melhor entendimento do método conhecido como Box e Jenkins é necessário dominar algumas definições relacionadas a processo estocástico, entre elas:

Autocovariância, autocorrelação, autocorrelação parcial, estacionariedade e ergodicidade, ruídos brancos.

Funções de Autocovariância: como propõe Souza & Camargo (p. 2, 1996) “é a covariância entre $Z(t)$ e o seu valor $Z(t+k)$ separado por k intervalos de tempo”. seguindo esta progressão. O resultado será uma autocovariância para cada $k = 1, 2, 3, \dots$ representada na equação (2.13).

$$g = \text{Cov}[Z(t), Z(t+k)] = E\{[z(t) - \mu][Z(t+k) - \mu] \quad (2.13)$$

onde

$P[Z(t), Z(t+1)]$ é uma função de densidade de probabilidade conjunta de variáveis aleatórias $Z(t)$ e $Z(t+1)$; e

μ = média do processo.

Funções de Autocorrelação: segundo Souza & Camargo (p. 2, 1996) “a autocorrelação é a autocovariância padronizada” ela mede a correlação da série com ela mesma defasada de k unidades de tempo. Pode-se dizer esta função estabelece o quanto um valor no tempo t depende do valor no tempo $t-1$, em $t-2$, em $t-3$ e assim sucessivamente.

Funções de Autocorrelação Parcial: Como define Camargo & Souza (p. 7, 1996), “a idéia de autocorrelação pode ser estendida. Se medirmos a correlação entre duas observações serias $Z(t)$ e $Z(t+k)$ eliminando a dependência dos termos intermediários, $Z(t+1)$, $Z(t+2)$, $Z(t+k-1)$,” temos o que se denomina autocorrelação parcial, representada na equação (2.14).

$$\text{Cor}[Z(t), Z(t+k) / Z(t+1), \dots, Z(t+k-1)] \quad (2.14)$$

Estacionariedade: “se o processo que gerou a série de observações possui todos os seus infinitos momentos invariantes em função do tempo, diz-se que o mesmo é estacionário”, segundo Souza & Camargo (p. 21, 1996).

Ergodicidade: segundo Souza & Camargo (p. 22, 1996) “um processo é ergódico se apenas uma realização do mesmo é o suficiente para obter todas as estatísticas do mesmo”. Processos ergódicos são também estacionários, pois só assim uma única realização do processo pode conter toda as informações necessárias para a especificação do processo.

Ruídos Brancos: advém de uma analogia com luz branca, ou seja, todas as cores estão presentes em forma de frequência, um processo estocástico é dito ser um Ruído Branco se este possui componentes espectrais iguais (ou ao menos significantes) para todo o espectro de Magnitude ou de Potência de Fourier (SOUZA & CAMARGO, 1996).

2.9.1. Modelo ARMA

Antes de iniciarmos a revisão do modelo ARIMA é necessário conhecer sua versão reduzida, o modelo ARMA (Auto-regressivos Médias Móveis).

O ARMA é composto de duas partes, a parte AR (Auto-regressiva) e a parte MA (Média Móvel): No modelo ou na parte auto-regressivo (AR), a série de dados é formada pelos valores regredidos e pelo ruído aleatório $\varepsilon(T)$. O modelo AR(p) é formulado pela equação (2.15).

$$Z_T = \varepsilon(T) + \varphi(1)Z(T-1) + \varphi(2)Z(T-2) + \dots + \varphi(p)Z(T-p) \quad (2.15)$$

O parâmetro $\varphi(i)$ é responsável em descrever como o Z_T relaciona-se com o valor $Z(T-i)$ sendo $i = 1, 2, \dots, p$.

O modelo de médias móveis (MA), descreve a série na combinação dos ruídos brancos ε do período atual com os ocorridos nos períodos passados. Tem-se assim a sua formulação na equação (2.16).

$$Z(T) = \varepsilon(T) + \theta(1) \varepsilon(T-1) + \theta(2) \varepsilon(T-2) + \dots + \theta(q) \varepsilon(T-q) \quad (2.16)$$

O parâmetro θ descreve como Z_T relaciona-se com o valor de $\theta(1) \varepsilon(T-i)$

para $i = 1, 2, \dots, q$.

Antes de realizar a previsão utilizando o modelo ARMA é necessário verificar qual a melhor versão do modelo que descreve o comportamento da série, utilizando as funções de autocorrelação e autocorrelação parcial. Geralmente, estas funções permitem a identificação dos parâmetros desta maneira: a ordem do modelo AR(p) é definida com a observação da função autocorrelação que decresce e função autocorrelação parcial representa um corte, ou seja, nos gráficos destas funções apresentam-se limites inferiores e superiores, assim os *legs* que ultrapassam estes limites são ditos significantes, já os outros não, com isto se a autocorrelação é de *leg* 1, tem-se a partir do *leg* 2 autocorrelações abaixo dos limites, ou seja, não significantes (SOUZA & CAMARGO, 1996).

Para o modelo AR(p) a, o parâmetro (p) será o *leg* onde na função autocorrelação parcial ocorre o corte no limite desta função e a função autocorrelação decresce.

Para o modelo MA(q) apresenta-se o inverso do modelo descrito acima, função autocorrelação parcial decresce e a função autocorrelação apresenta o corte, o qual é definido o parâmetro q. Continuando a aplicação do modelo ARMA é necessário à estimação dos parâmetros (ϕ) das componentes autoregressivas e (θ) das componentes de médias móveis e a variância de $\varepsilon(T)$, etapa de grande importância para realização de uma previsão coerente e mais próxima possível da realidade. E por fim testar o modelo, também denominada, etapa de verificação, consiste em avaliar se o modelo estimado é adequado para descrever o comportamento dos dados. Nesta etapa deve-se deixar que o modelo faça suas previsões e depois medir a sua performance. se o processo que iniciou após passar pelo filtro linear verificou-se a aleatoriedade nos dados de saída representando a série de entrada e for estacionário pode-se aplicar o modelo ARMA (SOUZA & CAMARGO, 1996).

2.9.2. Aplicação do modelo ARIMA:

O método visto anteriormente trata apenas de modelos estacionários que são minoria no cotidiano, dessa necessidade de prever series temporais de processos não estacionários Box & Jenkins desenvolveram um modelo para calcular previsões de series temporais que não apresentam estacionariedade, mas que sejam homogêneas o modelo ARIMA(Auto-regressivo Integrado de Média Móvel).

Para que seja possível aplicar a metodologia ARMA(p, q) é necessário executar a diferenciação na serie realizada, pois não foi possível encontrar uma equação que descreva o modelo da serie realizada, essa diferenciação deve ser repetida quantas vezes forem necessárias para que o resultado seja um processo estacionário homogêneo (SOUZA & CAMARGO, 1996).

A diferenciação é aplicada em um processo estocástico discreto de acordo com a equação (2.17):

$$\Delta Z(t) = Z(t + 1) - Z(t) \quad (2.17)$$

$Z(t)$ = valor da série em um instante de tempo t qualquer.

Então a nova serie é calculada pela formula acima e utiliza-se os conceitos já apresentados do modelo ARMA, para modelar o processo pretendido. De posse da previsão obtida pelo modelo ARMA (p, q), obtem-se a previsão real do modelo ARIMA (p, d, q) fazendo o processo inverso da diferenciação, a integração. No ARIMA (p, d, q) “p” e “q” possuem os mesmos valores que no modelo ARMA (p, q), a única diferença está na letra “d”, que indica o número de diferenças que serão realizadas na série para encontrar um processo estacionário. Para encontrar a previsão utiliza-se a equação:

$$Z(t + 1) = Z(t) + \Delta Z(t) \quad (2.18)$$

Para avaliar o modelo utiliza-se o resíduo se o mesmo for puramente aleatório é um indicador que o resultado é satisfatório. Para garantir este comportamento de ruído branco, faz-se uma análise da autocorrelação dos resíduos para verificar se existe alguma autocorrelação significativa, se existir alguma autocorrelação significativa então o ruído não é puramente aleatório (não é ruído branco), se não existir autocorrelação significativa dizemos que o ruído é puramente aleatório (ruído branco).

A metodologia ARIMA utiliza-se do princípio da parcimônia se ao terminamos um ciclo da serie, e for verificado que existem muitos parâmetros e o modelo for muito complexo o ciclo poderá ser reiniciado para encontrar um modelo mais simples e pode realizar diferenciações ate que se encontre uma serie estacionária e homogênea.

2.10. MÉTODO PREVISÃO COLABORATIVA

Todos os métodos apresentados anteriormente conseguem resultados satisfatórios quando a demanda não apresenta grande variabilidade. Mas quando nos deparamos com demandas irregulares, altamente incertas e dinâmicas, provenientes de fatores diversos como liquidações, poucos compradores adquirindo em grandes quantidades e grande volume de vendas sem nenhum fator que possa justificar tal acontecimento representam um problema diferenciado. A previsão colaborativa vem sendo sugerida como uma abordagem aperfeiçoada do problema.

Segundo Ballou(2006, p. 261) “baseia-se, tal previsão, na premissa de que duas cabeças pensam melhor que uma. A previsão elaborada por uma equipe tende a ser melhor que a elaborada por um colaborador isolado”.

O método em questão trata de desenvolver previsões utilizando as experiência dos colaboradores de vários setores da empresa como(marketing, produção, financeiro, logística e entre outros.) podendo se estender a outros membros da cadeia como fornecedores e clientes, sempre focando o objetivo

principal que é redução do erro na previsão, cada setor pode contribuir com informações inerentes a área.

Como todo trabalho em equipe é necessário alguém liderando o processo para coordenar as reuniões e comunicação entre os colaboradores. Devem ser identificados os responsáveis para coletar as informações nas quantidades e momento determinados para a previsão, estabelecer pesos para cada informação e padronização, deixar em condições um processo que atualize e revise a previsão em tempo real, avaliar a previsão através de métricas e identificar aperfeiçoamentos e se realmente este método supera os tradicionais e discernir os objetivos para cada participante da equipe de forma clara e objetiva.

Método de difícil implementação, pois exige comprometimento e dedicação de vários setores, processo complexo que tende a retornar a situação em que cada um faz a previsão individualmente, principalmente devido à dificuldade de comunicação. Mas, os benefícios alcançados quando se trabalha melhorando as comunicações dentro da empresa ou até mesmo dentro da cadeia justificam todo o esforço exigido.

2.11. DEFINIÇÃO DOS ERROS DE PREVISÃO

Por mais fundamentada que seja a previsão da demanda, o futuro não é exatamente o que ocorreu no passado, os métodos incorrerão quase sempre em algum nível de erro. O erro é utilizado para avaliar o quão perto da demanda real conseguiu atingir. Na estatística podemos medir através de desvio padrão, variância ou desvio absoluto médio (MAD). Os primeiros proponentes a mensurar erros sugerirão o MAD, mais simples, pois os computadores possuíam pouca memória, com o avanço da tecnologia hoje os computadores possuem memórias mais que suficientes para mensurar previsões é adotado o desvio padrão.

Definido pela equação (2.19):

$$\text{Erro de previsão} = \text{demanda real} - \text{demanda prevista} \quad (2.19)$$

Como a mensuração do erro é feita somando o erro de cada período, uma forma de eliminar o cancelamento do erro positivo com o erro negativo é elevar ao quadrado todos os erros antes de efetuar o somatório. Segundo Ballou(p. 252, 2006) “A forma mais comum do desvio padrão é desenvolvida, e é corrigida para um grau de liberdade perdido na produção da previsão”.

Expressão matemática para o desvio padrão é (2.20):

$$S(f) = (\sum((A(t) - F(t))^2) / N - 1)^{0.5} \quad (2.20)$$

Onde

$S(f)$ = erro padrão da previsão;

$A(t)$ = demanda real no período;

$F(t)$ = previsão para o período t ;

N = números de períodos de previsão t .

A distribuição de erros de previsão podem ser modelados de diferentes formas, quando se fazem demonstrações de probabilidade, a forma da distribuição de frequência dos erros adquire importância, é esperado que ocorra distribuição, mas pode ocorrer deslocamento tanto para a esquerda quanto para direita principalmente quando o horizonte de previsão é o curto prazo.

Preocupação final é como tirar o Máximo proveito das técnicas de previsão, nem sempre um método individual será capaz de ser o melhor em todas as situações, uma combinação dos resultados de vários modelos pode transforma-se em previsões mais estáveis e de maior exatidão.

Outras medidas de desempenho também podem ser utilizadas como: Erro Absoluto Médio Percentual (Mape), este método é muito semelhante ao método do MAD, entretanto ao invés de levar em consideração o valor absoluto do erro, deve-se considerar qual o percentual de erro em cada observação, tomando como base a demanda real do produto.

Uma análise vital, é a avaliação dos resíduos. Estes precisam ter o comportamento de ruído branco tornando assim o modelo aceitável. O método de Ljung-Box testa todas as autocorrelações dos erros do modelo, e não apenas o seu

primeiro *lag*. Sua hipótese nula é que a soma dos quadrados das autocorrelações seja zero, isto é, que não existe essa autocorrelação entre os ruídos (o ruído é branco). No software utilizado o Forecast Pro for Windows – Version 3, quando *p-value* (“P” na saída do programa) é maior que 0,99 rejeita-se a hipótese nula, ou seja, o ruído não é branco e existe autocorrelação entre os ruídos. Caso ‘P’ seja menor que 0,99 o ruído do processo é dito ruído branco.

O critério BIC é o Princípio da Parcimônia, o qual determina que o modelo selecionado deve ser aquele que apresente a menor complexidade e ao mesmo tempo tenha uma elevada capacidade para modelar os dados de treinamento. Este critério é usado neste trabalho apenas se as estatísticas MAD e R-square de dois ou mais modelos estiverem com valores próximos.

E o R-Square é a fração da variação da amostra explicada pelo modelo. Representa o poder de explicação, este índice apresenta quanto da variação da demanda pode ser explicada pelo modelo.

2.12. CONCEITO DE ESTOQUE

Segundo Ballou(2006, p. 271) “Estoques são acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, matéria em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logística das empresas”.

O custo de manutenção desses estoques pode ser elevado, então controlar e administrar de forma eficaz o nível dos estoques e economicamente sensato. Mesmo com política de reduzir o estoque, o investimento de varejistas, como a empresa alvo deste trabalho, com manutenção pode ser muito elevado (MOREIRA, 2006).

As empresas justificam a presença de estoque por vários motivos, sendo o principal melhorar o serviço ao cliente. O estoque proporciona um nível de disponibilidade de produtos que os sistemas mais sofisticados de reposição não

conseguem, como reagir instantaneamente às solicitações dos clientes, ela consegue não só manter, mas aumentar o número de vendas.

O custo atrelado à manutenção do estoque pode ser compensado pela redução dos custos operacionais na cadeia de suprimento, proporcionando operações mais prolongadas e equilibradas, podendo desvincular das variações de demanda aumentando o volume de produção (MOREIRA, 2006).

A possibilidade de possuir estoques incentiva economias em compras, quando a empresa faz aquisições em grandes quantidades, mesmo excedendo a necessidade da empresa, apenas levado em consideração à quantidade e o desconto obtido. O custo de manutenção do excesso de estoque é compensado pelo desconto concedido. Também é possível reduzir o custo de transporte quando as aquisições são realizadas em grandes quantidades, no qual contribui para a manutenção do excesso de estoque.

Outra justificativa para ter um estoque é quando, se é esperada para o futuro uma alta no preço do produto, ao adquirir quantidades adicionais de mercadorias pelos preços atuais, com isso deixando de ter de adquirir no futuro.

O estoque é utilizado como um facilitador para das operações, quando a inconstância dos prazos necessários à produção e transporte de mercadorias podem sofrer perda no nível de atendimento ao cliente e provocar incertezas quanto a improvável impacto sobre os custos operacionais. Alguns episódios não planejados e não antecipado podem afetar o sistema logístico, os estoques apresentam algum grau de proteção (MOREIRA, 2006).

Mas é claro que manter estoque não possui apenas vantagens, administrar um empresa com nível de estoque elevado e menos trabalhoso, pois se em um único dia faltar algum produto é possível que este fato venha a ser recordado por muitos anos, mas essa facilidade de administrar custa muito caro, manter um estoque e deixar de aproveitar o custo de oportunidade e, portanto, deixando de alocar em outros investimentos mais rentáveis, por exemplo, ser destinado a incrementar a produtividade e a competitividade, além dos estoques não contribuírem com qualquer valor direto para os produtos da empresa, apesar de armazenar valor (MOREIRA, 2006).

Como estoque deixa-se de incentivar a integração do canal de suprimento, que muitas vezes trazem oportunidades para a empresa.

2.13. TIPOS DE ESTOQUE

Estoque no Canal: são os estoques que estão em transito entre os elos do canal de suprimento, estoque volumoso devido a distancias longas e a movimentação ser lenta (BALLOU, 2006).

Estoque de Especulação: normalmente são estoques de produtos com alto valor comercial e grande volume de vendas que podem ser adquiridos pela empresa para em um período de maior volume de vendas a empresa lucrar com a venda do produto (BALLOU, 2006).

Estoque de Segurança: quantidade extra de material para suprir as condições da demanda média e do prazo de entrega médio. O tamanho do estoque de segurança é determinado pelo tamanho da variabilidade e nível de serviço que a empresa deseja (BALLOU, 2006).

Estoque Absoleto: parte do estoque que se deteriora fica ultrapassado ou acaba sendo perdido ou roubado (BALLOU, 2006).

2.14. GERENCIAMENTO DE ESTOQUE

O gerenciamento de estoque não abrange em único método importante saber nível de demanda, variabilidade, prazos de entrega, custo atrelado ao estoque para possibilitar em trabalho de controle de estoque melhor possível.

“Uma política contraria é o just-in-time(satisfazer a demanda à medida que ela ocorre), seria o ideal, pois possibilita eliminar estoque pela redução da variabilidade na demanda e do tempo do ciclo de reposição, reduzindo os tamanhos dos lotes e estabelecendo relações

sólidas com um numero limitado de fornecedores a fim de garantir produtos de qualidade e o devido atendimento dos pedidos”. Ballou(p. 274, 2006).

A demanda ao longo do tempo desempenha papel significativo em como controlar o estoque, produtos seguem normalmente dentro do ciclo de vida, uma demanda com padrão batizado como perpétuo, embora, muitos produtos a demanda cresça e diminua ao longo do ciclo de vida. Há, produtos que seguem uma demanda sazonal apresentando picos em determinadas épocas é o caso de produtos natalinos, roupas da moda entre outros. Demanda irregular é como se fosse a sazonal, mas sem um período determinado, outro tipo de demanda é a terminal onde o produto deixa de adquirir depois de transcorrido certo período, por exemplo, peças de avião (BALLOU, 2006).

Principalmente no varejo é comum as empresas adotarem controle de estoque por grupo de produto, principalmente quando existem milhares de itens, mas o controle item a item é mais preciso.

Os estoques virtuais vieram para minorar a falta de estoque, possibilitando através dos sistemas de informação, verificar em qual ponto de estocagem da rede logística contém o produto.

2.14.1 Objetivo do Estoque

Gerenciar estoque é equilibrar a disponibilidade do produto, com custo de abastecimento necessário para alcançar o nível de serviço ao cliente. Garantir que o produto esteja disponível de acordo com a demanda é o principal do gerenciamento do estoque. O nível de serviço pode ser determinado pela equação (2.21).

$$\text{NÍVEL DE SERVIÇO} = 1 - (\text{NUMERO DE UNID FALTANTES ANUALMENTE} \\ / \text{DEMANDA ANUAL TOTAL})$$

(2.21)

O nível de serviço acima é referente a um item, o cliente pode necessitar de mais de um item ao mesmo tempo o que reduz o nível, para cada item que o cliente queira comprar a mais no mesmo pedido, reduz um pouco o nível do serviço.

2.14.2 Custo Relativo à Estoque

São três as classes de custo relacionadas com estoque; custo de aquisição, manutenção e falta de estoque. São custos que podem ser compensados entre si, como realizam uma aquisição maior com o custo menor ou deixa de manter o estoque, mas também perde vendas.

Custo de aquisição: o custo de aquisição de mercadorias para reposição dos estoques tem uma significativa força econômica que determina as quantidades de reposição, os custos de aquisição tendem a ficarem menores quanto aumentamos a quantidade a ser adquirida. Pois o custo é composto de uma parte fixa e outra que varia como transporte, produção e manuseio dos materiais (BALLOU, 2006).

Custo de manutenção: o custo com a manutenção do estoque são relativos ao espaço, quando se trata de espaço alugado, as taxas são cobradas por peso e período de tempo, espaço próprio são custos de iluminação, equipamentos e da construção em si. Custo de oportunidade de capital, custo de seguros e impostos, custo de deteriorização ou roubos produtos obsoletos.

Custo de falta de estoque: difícil de calcular devido ao fato da intangibilidade, pois ocorre quando um pedido não pode ser atendido devido à falta do produto no estoque, os produtos que são facilmente encontrados no mercado sofrem mais os efeitos de cancelamento do pedido, o que se deixa de ganhar é o lucro da venda e possíveis efeitos que a falta venha acarretar, produtos com alto valor agregado e não encontrados facilmente no mercado tendem a ficar atrasados, ou seja, o cliente opta por esperar pelo produto, mas isso pode ocasionar em custos adicionais de transporte e manuseio (BALLOU, 2006).

3. ANÁLISE

3.1. A empresa

A empresa em que o estudo está sendo realizado está inserida no setor de varejo. É a segunda maior no país no comércio de eletrodomésticos, eletrônicos e móveis. Seus produtos são adquiridos de marcas conhecidas nacionalmente cujas fabricas estão situadas em diversos locais do país. É sediada em Belo Horizonte, Minas Gerais e emprega aproximadamente 2 mil pessoas em cerca de 10 estados brasileiros. A empresa atende o público em geral.

3.1.1. Histórico

A empresa foi fundada em 1989, por Ricardo Nunes, inicialmente, uma pequena loja, na cidade de Divinópolis, Minas Gerais. Desde a sua fundação, a empresa expandiu suas atividades continuamente, em menos de duas décadas tornou-se uma das maiores redes de varejo de eletrodomésticos do país.

A Ricardo Eletro era uma pequena loja no interior de minas que vendia brinquedos e alguns eletrodomésticos. Ricardo, o mais velho dos sócios, colocou uma faixa na porta da loja com os seguintes dizeres “cobrimos qualquer oferta de eletrodomésticos do Brasil”. Mesmo sem ser lucrativo o empresário manteve a política para ganhar mercado. O lucro vinha da venda dos brinquedos. A expansão da empresa continuou, chegando a abrir sua primeira loja na capital mineira em 1996, hoje sede da empresa. Sempre investiu muito em publicidade e como forma de concorrência, o menor preço. Atua nos seguimentos de beleza&saúde, brinquedos, cine&foto, eletrodomésticos, eletrônicos, eletroportáteis, games, informática, relógios e telefonia (disponível na internet <www.ricardoeletro.com.br/Institucional/Index/NossasLojas> 10/11/2009).

A empresa é composta por 5 divisões e mais de 290 lojas instaladas em 8 estados e no Distrito Federal, conta ainda com três centros de distribuição e escritório na região metropolitana de Belo Horizonte .

3.2. Descrição do Projeto

Este trabalho tem como objetivo identificar as contribuições que a utilização dos métodos de previsão podem trazer para a empresa no gerenciamento do estoque. Isso se dará ao analisar a serie histórica de vendas do produto em estudo. Após a análise, serão selecionadas, entre as metodologias de previsão apresentadas, quais poderão obter resultado satisfatório, aplicar as metodologias e comparar através de medidas de desempenho qual apresentou melhor resultado, amparado na filosofia de que quanto mais previsível for à demanda, mais fácil será gerenciar o estoque. Mesmo com milhares de produtos, e um centro de distribuição atendendo a diversas lojas é possível minorar a complexidade de gerenciar uma organização com essas características.

Todas as informações a serem utilizadas para a realização do estudo serão coletadas através de levantamentos na empresa, utilização de documentação técnica, dados históricos registrados no banco de dados da própria empresa.

Para uma melhor visualização do projeto utilizaremos a figura 01 denominada “triângulo logístico”. Partindo do pressuposto de que a localização dos centros de distribuição da empresa não serão alterados, as duas oportunidades de melhoria são relativas aos outros dois lados do triângulo, decisões de transporte e estoque, assim como os diversos produtos comercializados pela empresa. O refrigerador é transportado pelo fabricante e entregue aos centros de distribuição já com custo de transporte embutido no valor unitário do produto. O fabricante utiliza o modal rodoviário e leva de quinze a vinte dias para entregar o produto após realizado o pedido. Não existe o interesse em mudar o modal. O estoque é o ponto com maior oportunidade de melhoria entre os lados do triângulo logístico. Equacionar bem um estoque é de suma importância para qualquer produto após realizado o pedido.

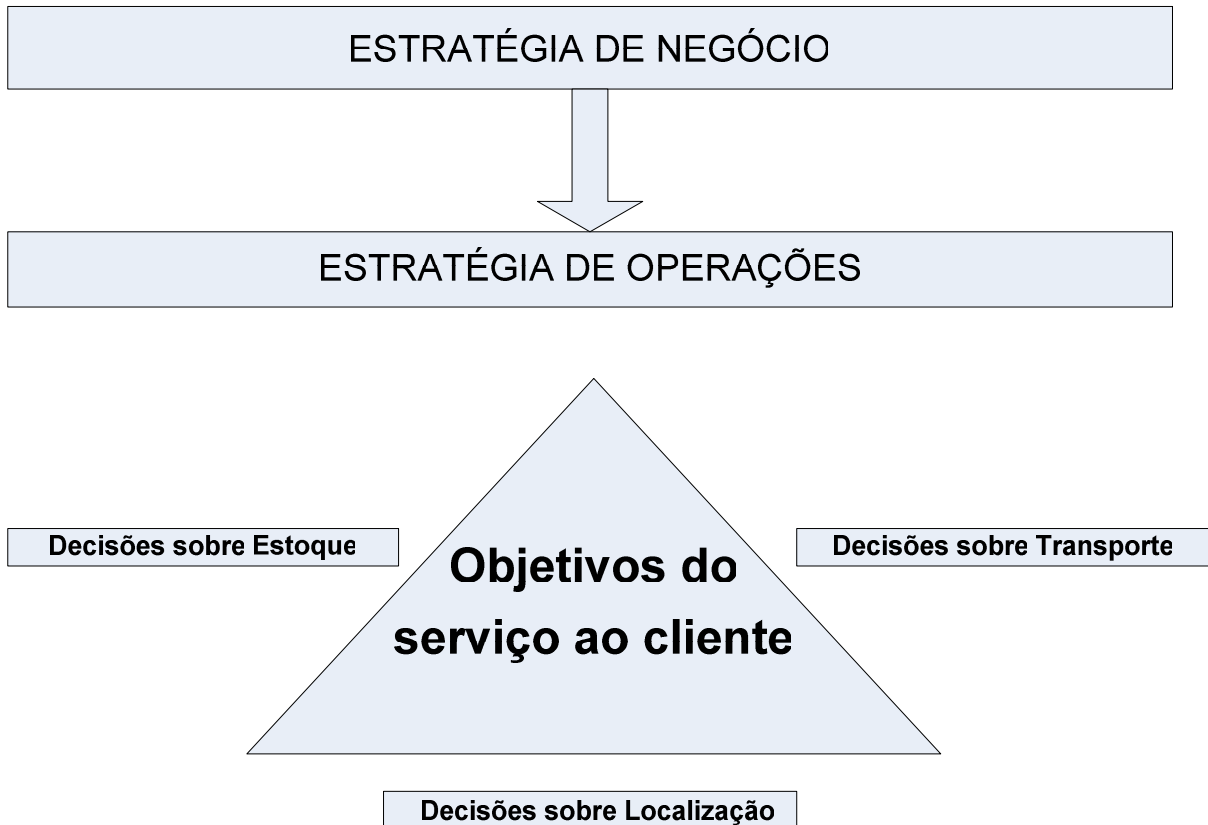


Figura 01 – Triângulo Logístico
Fonte – BALLOU (p. 271, 2006)

Não existe o interesse em mudar o modal. O estoque é o ponto com maior oportunidade de melhoria entre os lados do triângulo logístico. Equacionar bem um estoque é de suma importância para qualquer empresa que esteja inserida em mercados competitivos. Um estoque com nível acima do necessário para atender a demanda tem custo alto, mas se a empresa pretende atingir um nível alto de atendimento ao cliente esse procedimento é necessário, pois toda demanda conta com flutuações aleatórias de difícil predição. Gerenciar um estoque com diversos e volumosos itens como o de uma empresa em constante expansão buscando a liderança do setor atuante com certeza não é uma tarefa fácil onde a utilização de ferramentas como as apresentadas nesse trabalho podem contribuir para minorar essas dificuldades encontradas, facilitar a tomada de decisão tanto no nível operacional como no nível estratégico (BALLOU, 2006).

Quando a empresa tem maior controle sobre seu estoque, ela aumenta a disponibilidade de seu produto ganhando a confiança do cliente, sem ter que

aumentar o valor unitário do produto para conseguir manter, ou até elevar o nível de atendimento ao cliente.

3.3 DADOS HISTÓRICOS

Nesta fase, serão aplicados os métodos de previsão estudados até então: Método da Ponderação Exponencial Completa (método de Holt-Winters), que considera os ajustes de nível, tendência e sazonalidade; Método da decomposição clássica da série de tempo; Método das médias móveis e Método Box & Jenkins (ARIMA). O Método da previsão colaborativa, que inicialmente seria feito, foi descartado. Isto ocorreu porque tal método exige o empenho, o interesse e o comprometimento de equipes e gestores de diversos setores (como marketing, produção, financeiro e logística); o conhecimento de fornecedores e clientes; e facilidade de comunicação, o que tornou esta análise impossível de ser realizada por alguém de fora da empresa.

Tabela 01 – Quantidade de Venda de Refrigeradores (Em Unidades de Produtos Vendidos por Mês).

RICARDO ELETRO			
QTDE DE VENDA DE REFRIGERADORES			
MÊS	2008	2009	2010
Janeiro	17.620	20.895	19.662
Fevereiro	12.624	15.176	13.573
Março	13.280	20.086	16.179
Abril	12.977	16.931	11.711
Mai	13.258	22.675	
Junho	10.835	18.073	
Julho	12.986	16.979	
Agosto	13.549	15.675	
Setembro	13.225	19.975	
Outubro	12.186	20.068	
Novembro	14.047	18.755	
Dezembro	20.089	23.449	

Fonte: Departamento de Estatística da Ricardo Eletro

O processo estocástico do qual os dados são provenientes é a demanda pelo produto refrigerador vendido na Ricardo Eletro. O período analisado tem início em janeiro de 2008 e término em abril de 2010.

A obtenção dos dados foi feita através de solicitação ao departamento de estatística da empresa. Os dados denotam a demanda de forma explícita e a empresa arquiva apenas dados mensais. O Quadro 02 expressa os dados coletados.

A série histórica da demanda de refrigeradores está representada na figura 02, que facilita a visualização do comportamento apresentado durante os 28 meses em estudo. A figura 02 representa a série gerada a partir dos dados coletados.

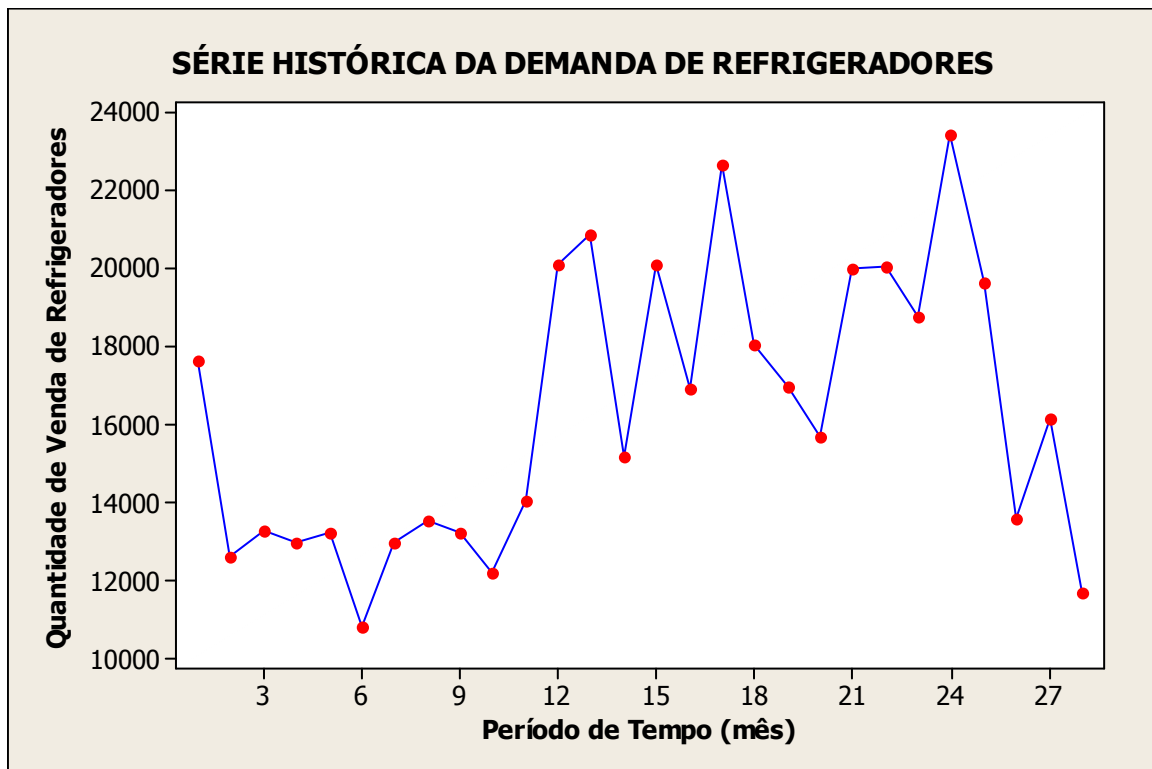


Figura 02 – Série Histórica da Demanda por Refrigeradores na Empresa em Estudo.

As análises desenvolvidas no presente trabalho foram referenciadas nos *outputs* provenientes do software Forecast Pro for Windows – Version 3. A previsão pelo método de médias móveis utilizou o Microsoft Excel e as previsões utilizando o Minitab foram: método de decomposição clássica da série de tempo. As matrizes de autocorrelação, gráficos da série histórica e gráfico de tendência também foram plotados através do minitab. As decisões que se baseiam nos softwares de previsão, consideram a seguinte metodologia.

As figuras 03 e 04 mostram as autorrelações:

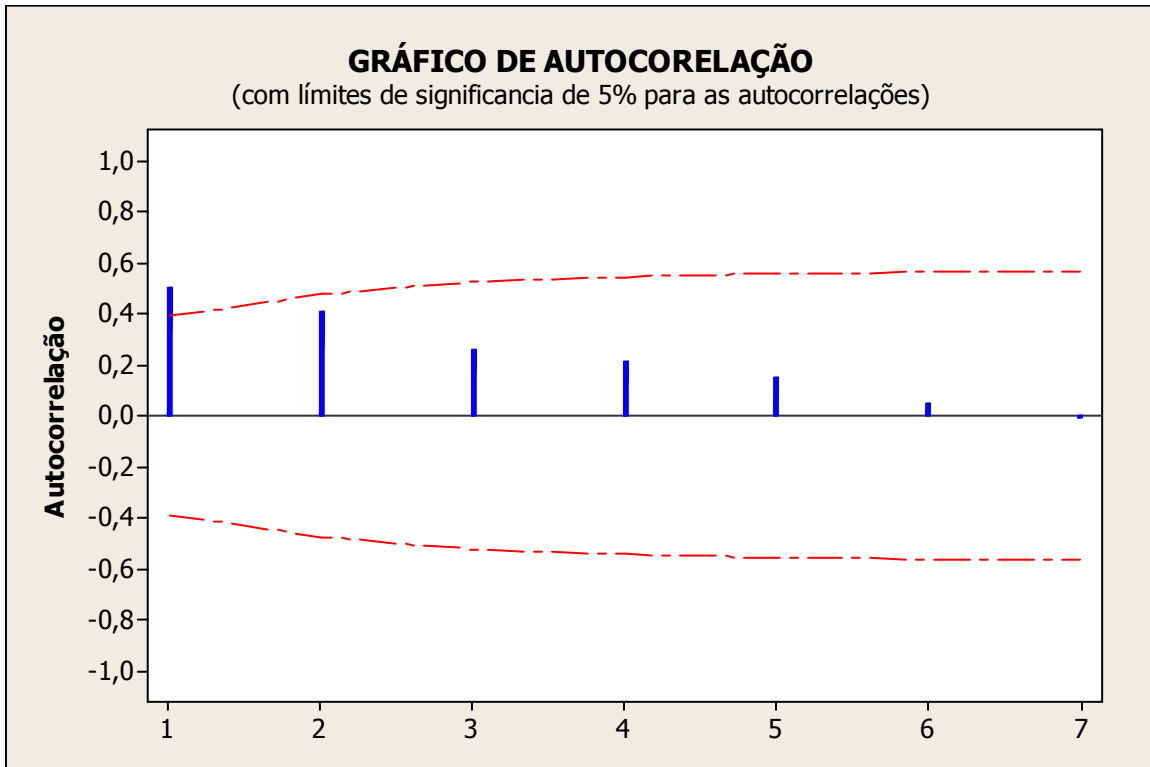


figura 03 – Autocorrelação da Série Histórica da Demanda por Refrigeradores na Empresa em Estudo.

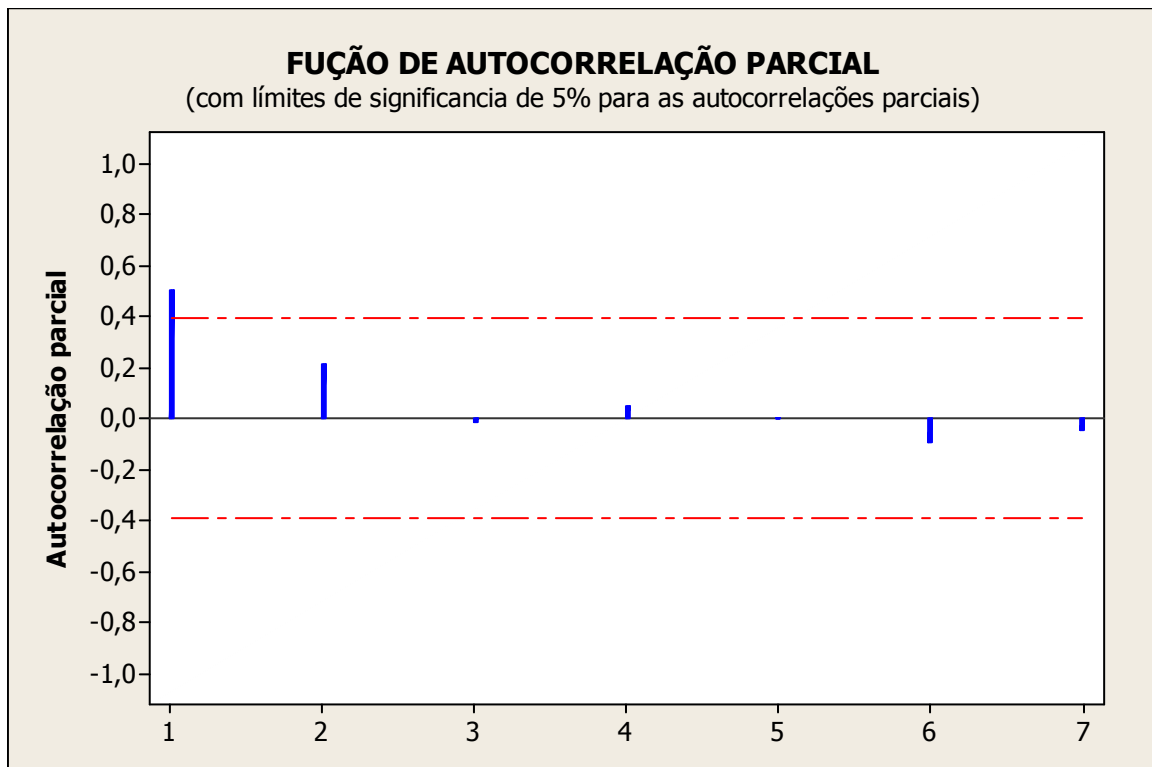


Figura 04 – Autocorrelação Parcial da Série Histórica da Demanda por Refrigeradores na Empresa em Estudo.

Primeiro, é necessário plotar os gráficos da autocorrelação e autocorrelação parciais. A função de autocorrelação mede a correlação da série com ela mesma defasada de (x) unidades de tempo. Pode-se dizer esta função estabelece o quanto um valor no tempo t depende do valor no tempo t+1, em t+2, em t+3 e assim sucessivamente. Em seguida é preciso verificar se os gráficos fornecidos encontram-se inteiramente no interior dos intervalos correspondentes ao intervalo de confiança de 95% proposto pelo programa. Em muitos casos nem todos os valores estarão dentro deste intervalo, desta maneira deve-se optar pelos modelos que apresentem gráficos com o menor número de valores fora dos limites do programa. E, por fim, interpretar as estatísticas do programa e dizer qual foi o modelo que melhor explicou o comportamento da demanda.

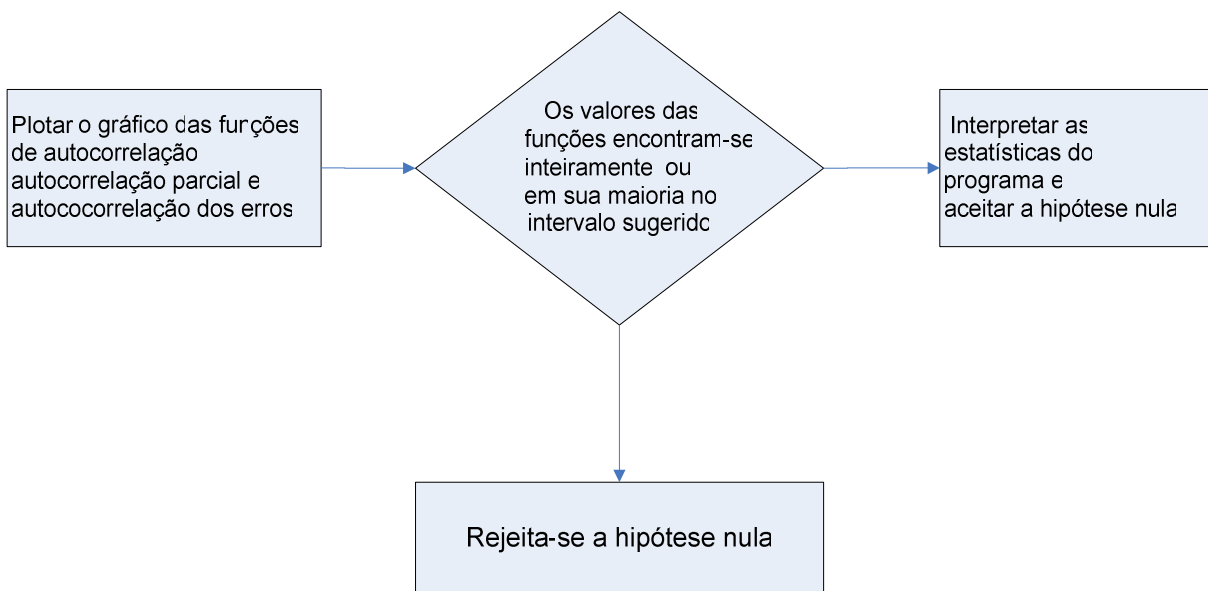


Figura 05 - Metodologia para Interpretação dos *Out-Puts* do Software de Previsão.

Para determinar o período de sazonalidade, utilizou-se a experiência do gerente corporativo da empresa e também as datas comemorativas (Dia das Mães, Dia dos Pais, Natal, etc) e não comemorativas (saldão de janeiro, feriados, etc) que se repetem todo o ano, facilmente visíveis na figura 02 (gráfico da série histórica de refrigeradores). Com essa associação de fatores, é razoável pressupor que o período sazonal do processo estocástico da venda de refrigeradores é de 1 ano. Essa sazonalidade pode ser embasada também no método para detectar período de sazonalidade, scatter plot.

A tendência pode ser identificada através da análise utilizando o software minitab apresentada na figura 06.

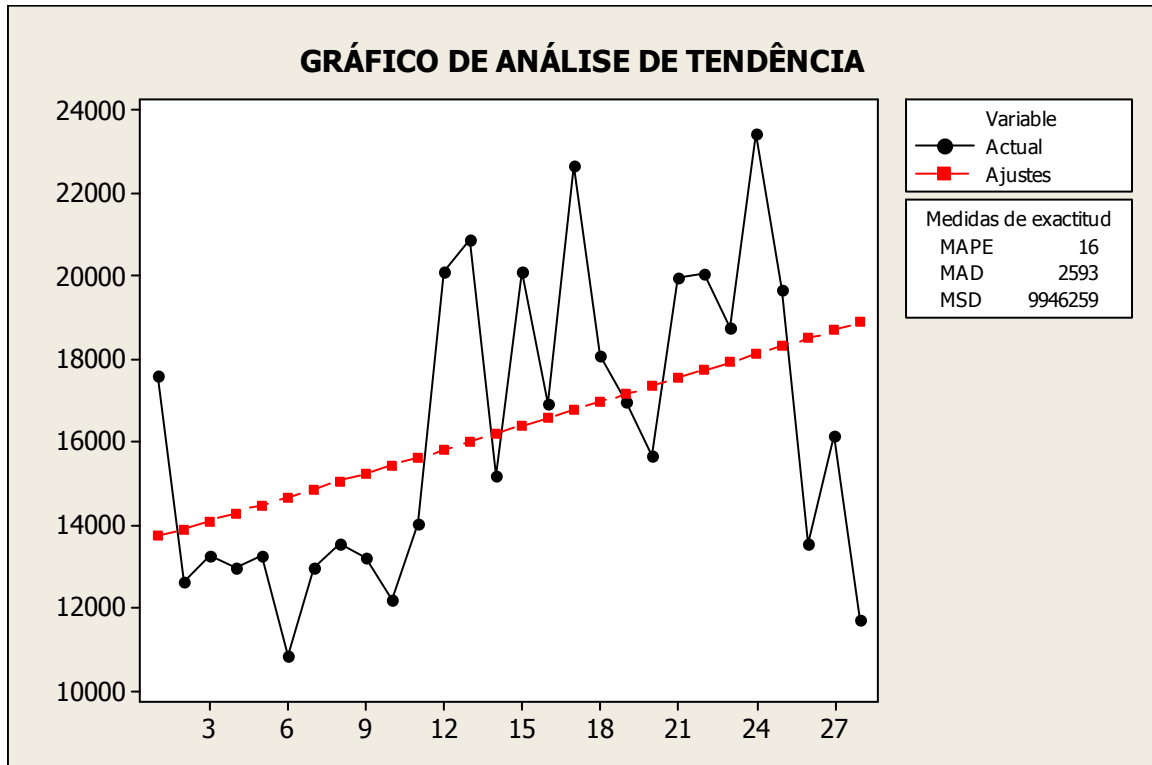


Figura 06 – Análise de Tendência.

3.4 Análise de Previsão de Demanda segundo o Método da Ponderação Exponencial Completa

Conforme apresentado na revisão bibliográfica, o modelo de Holt-Winters é uma extensão do modelo de suavização exponencial simples, o qual considera não apenas as tradicionais correções de nível, mas também correções de tendência e de sazonalidade. Serão feitas previsões considerando apenas as correções de nível, considerando nível e tendência e também considerando nível, tendência e sazonalidade.

As Figura 07, 08 e 09, apresentam variações dos método da Ponderação Exponencial (Holt-Winters) para previsão de demanda. A Figura 07, a primeira da sequencia, ilustram a previsão da demanda apenas com correção de nível, ou seja, as variações de Tendência e Sazonalidade não foram consideradas. Na Figura 08, a segunda da sequencia, está ilustrado as correções de nível e Tendência, mas não foram consideradas as correções de sazonalidade. E na Figura 09, a ultima da sequencia, o método utiliza todas as componentes possíveis do modelo considerando variações de nível, tendência e sazonalidade.

Todas as Previsões do método da Ponderação Exponencial foram realizadas através do software Forecast pro Windows 3.5.

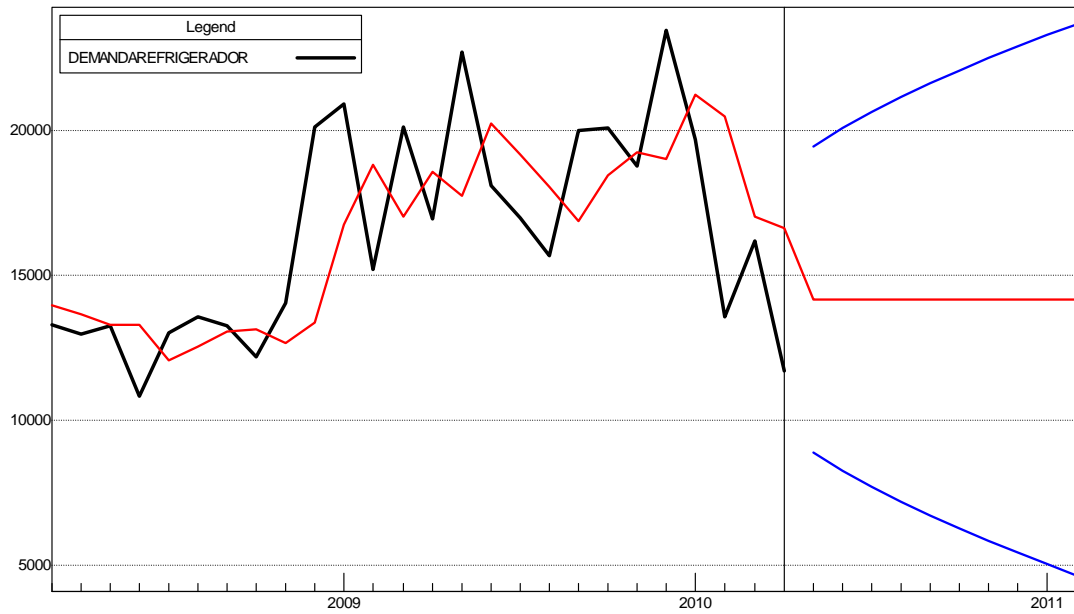


Figura 07 – Previsão pelo Método da Ponderação Exponencial apenas com ajuste de Nível

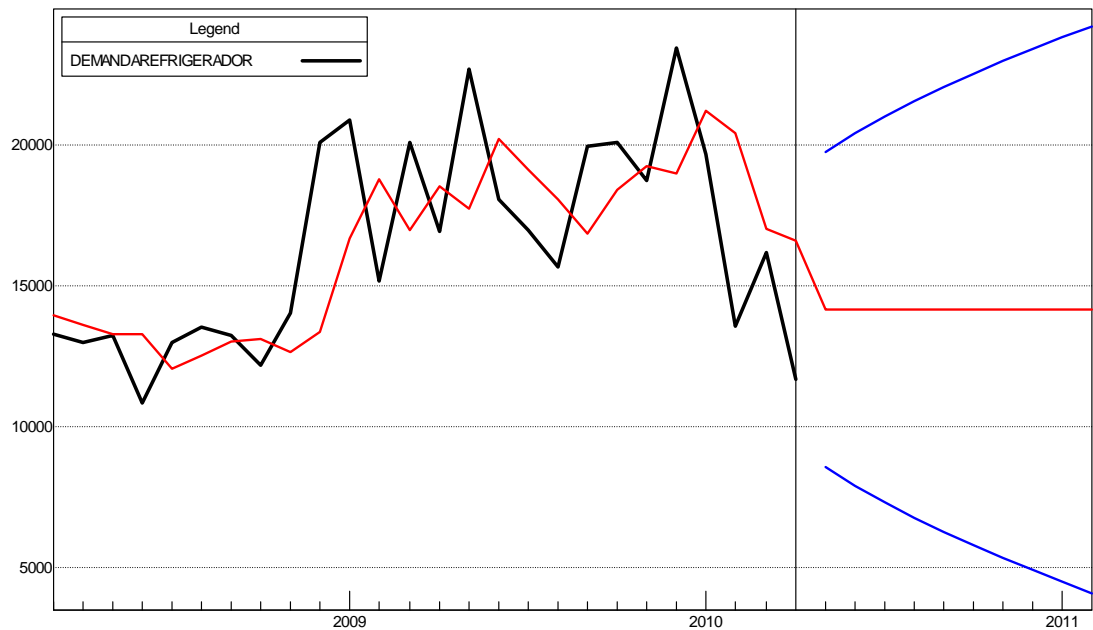


Figura 08 – Previsão pelo Método da Ponderação Exponencial apenas com Ajuste de Nível e Tendência.

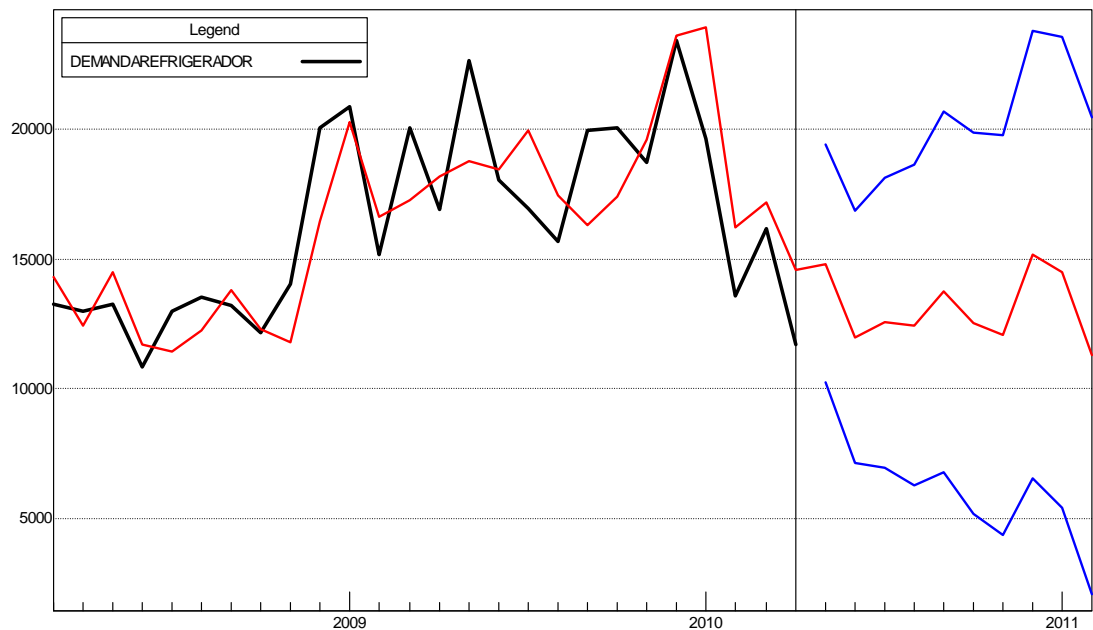


Figura 09 – Previsão pelo Método da Ponderação Exponencial com Ajuste de Nível, Tendência e Sazonalidade.

Para analisar os dados, utilizaremos um quadro comparativo (Quadro 3) com os dados dos três modelos em estudo. Os dados utilizados para análise são oriundos do software FORECAST PRO for Windows.

Tabela 02: Comparativo entre os Métodos de Ponderação Exponencial

Modelo	Ljung-Box	R-square	MAPE	BIC	MAD
Nível = 0,5	L(18)=12.21 P=0.1636	0,2526	0,1473	3205	2402
Nível = 0,497 Tendência = 0	L(18)=12.34 P=0.1711	0,2526	0,1473	3402	2402
Nível = 0,681 Tendência = 0 Sazonalidade = 0,993	L(18)=10.61 P=0.08977	0,645	0,1018	2495	1675

Fonte: o autor

Torna-se claro pela análise das estatísticas referentes às três variações do modelo de suavização exponencial, que o modelo com os ajustes de nível, tendência e sazonalidade foi aquele que realizou as melhores previsões para o processo em questão. Este modelo possui um BIC cerca de 1 unidades menor que o dos demais, mostrando a sua menor complexidade. O MAPE, possui valores menores que os outros modelos, cerca de 0,04 unidades. O modelo em questão,

também possui o maior R-Square, cerca de 0,65, ou seja, o modelo chega a explicar mais de 65% do processo, o que é um resultado satisfatório. Além disso, o modelo com sazonalidade apresentou o menor MAD dentre os três, o que indica que suas previsões não são tão discrepantes quanto as dos demais modelos analisados. Para apresentar essa escolha foi determinístico identificar a sazonalidade, que para esses dados foi de 12 meses (1 ano).

De acordo com a interpretação correta do critério de Ljung-Box aceitar-se-ia o modelo com correção de nível apenas, uma vez que seu *p-value* é menor que 0,99, garantindo assim que o ruído resultante do processo em questão seja um ruído branco. Entretanto, de acordo com a descrição do modelo de suavização exponencial proposta no início do trabalho, os ruídos deste modelo não devem ser necessariamente brancos. O método de suavização exponencial é apenas uma ponderação de valores, a qual não contempla em sua formulação a necessidade de que os ruídos resultantes do modelo sejam ruídos brancos. Sendo assim não há necessidade de considerar e nem de comparar as estatísticas Ljung-Box para os modelos de suavização exponencial.

3.5 Análise de Previsão de Demanda Segundo o Método da Decomposição Clássica da Série de Tempo

É um método que oferece utilidade contínua com o passar do tempo, de acordo com Ballou (2006). Em sua análise clássica, consiste em ser de fácil utilização e grande aceitação, pelo motivo de não ser inferior a métodos mais sofisticados quanto ao resultado das previsões. É um método que dividi o padrão do histórico de vendas em quatro categorias: tendência, variação sazonal, variação cíclica e residual(ou aleatória). Essas duas últimas categorias foram definidas como sendo igual a um pelo programa Minitab.

O valor da tendência(T) no modelo foi determinado pelo método dos mínimos quadrados que na prática ajusta os dados mensurados com a linha de tendência, melhorando os resultados quando utilizamos regressão da soma dos quadrados da diferenças desses dois parâmetros. Uma linha de mínimos quadrados pode ser encontrada por qualquer forma de linha de tendência, seja linear ou não.

O componente de sazonalidade do modelo é representado por um índice de valor que muda para cada período de previsão, utilizando como base a linha de tendência (BALLOU, 2006).

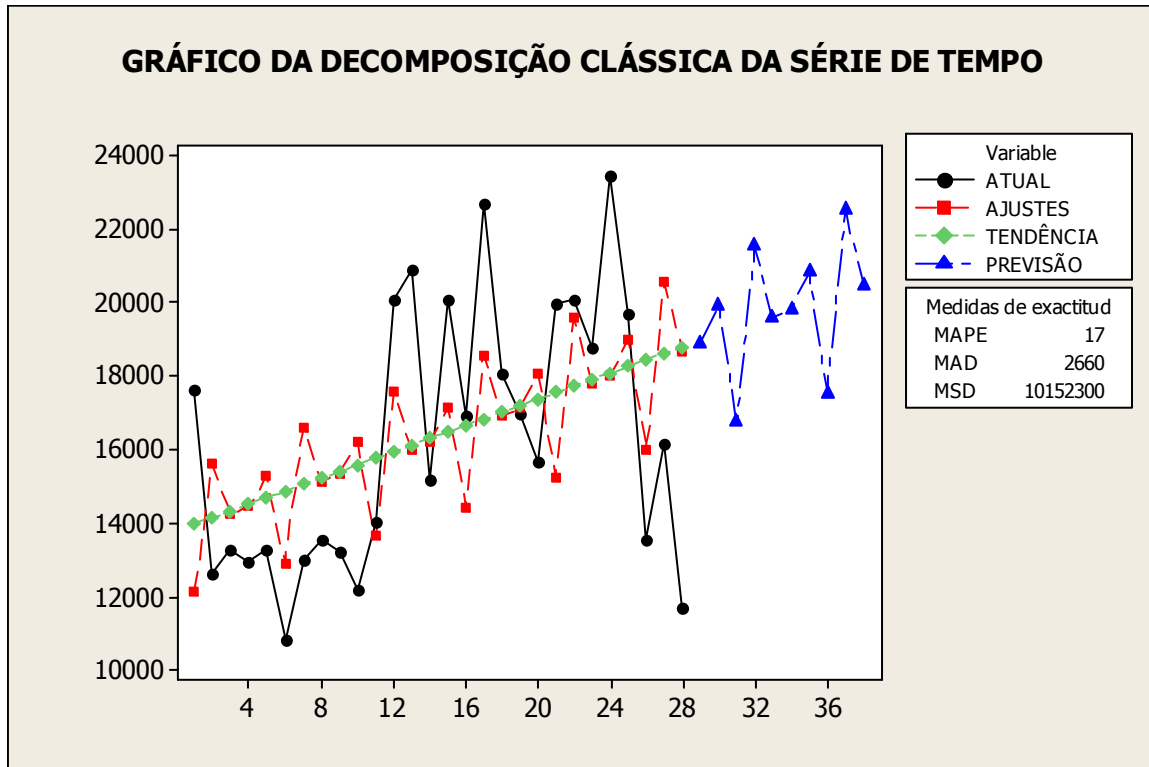


Figura 10 – Previsão pelo Método da Decomposição Clássica da Série de Tempo.

Os dados de saída do modelo de previsão serão comparados com os demais modelos, principalmente pelo critério do MAD, erro absoluto médio (mean absolut deviation) é considerado a média dos erros absolutos. Esse procedimento supera a característica de cancelamento dos erros positivos e negativos presente no erro médio. Representa a diferença média entre os valores ajustados e os reais. Este parâmetro é adotado como uma estatística de desempenho, usada na escolha do melhor modelo.

3.6 Análise de Previsão de Demanda segundo o Método de Médias Móveis

O primeiro passo para realizar a previsão de demandas por médias móveis é a análise da série histórica do processo. É necessário identificar principalmente se a série apresenta tendência e sazonalidade, fatores que podem prejudicar a obtenção

de resultados satisfatórios com a metodologia estudada. Existem duas formas de prever demanda com o Método de Médias Móveis, conforme apresentado no capítulo 2 desse trabalho.

Tabela 03 – Previsão de Demanda Utilizando Método Médias Móveis.

Vendas	Previsão Utilizando Médias Móveis para Diferentes N(s).					
	N = 1	N = 2	N = 3	N = 4	N = 5	N = 6
17.620						
12.624	17.620					
13.280	12.624	15122				
12.977	13.280	12952	14508			
13.258	12.977	13129	12960	14125		
10.835	13.258	13118	13172	13035	13952	
12.986	10.835	12047	12357	12588	12595	13432
13.549	12.986	11911	12360	12514	12667	12660
13.225	13.549	13268	12457	12657	12721	12814
12.186	13.225	13387	13253	12649	12771	12805
14.047	12.186	12706	12987	12987	12556	12673
20.089	14.047	13117	13153	13252	13199	12805
20.895	20.089	17068	15441	14887	14619	14347
15.176	20.895	20492	18344	16804	16088	15665
20.086	15.176	18036	18720	17552	16479	15936
16.931	20.086	17631	18719	19062	18059	17080
22.675	16.931	18509	17398	18272	18635	17871
18.073	22.675	19803	19897	18717	19153	19309
16.979	18.073	20374	19226	19441	18588	18973
15.675	16.979	17526	19242	18665	18949	18320
19.975	15.675	16327	16909	18351	18067	18403
20.068	19.975	17825	17543	17676	18675	18385
18.755	20.068	20022	18573	18174	18154	18908
23.449	18.755	19412	19599	18618	18290	18254
19.662	23.449	21102	20757	20562	19584	19150
13.573	19.662	21556	20622	20484	20382	19597
16.179	13.573	16618	18895	18860	19101	19247
11.711	16.179	14876	16471	18216	18324	18614
Erro Padrão da Previsão	3522	3220	3329	3425	3551	3641

Fonte: o autor

A tabela 04 apresenta a série histórica de venda de refrigeradores e as previsões de demanda para diferentes N(s), assim como o erro associado a cada um. O ponto crítico do método das Médias Móveis é a definição do número de períodos que serão utilizados para a obtenção da previsão. De acordo com a revisão apresentada no capítulo II, não existe um número pré-determinado de períodos. No quadro 02 foram apresentadas previsões para seis valores diferentes de períodos, o

que resultou em um menor erro padrão da previsão foi para dois períodos. Isso ocorre porque as vendas necessitam de uma resposta rápida de previsão e períodos maiores demoram um intervalo de tempo maior para responderem.

A figura 11 mostra e compara, a demanda com a previsão. A previsão de demanda para dois e cinco períodos e a demanda real.

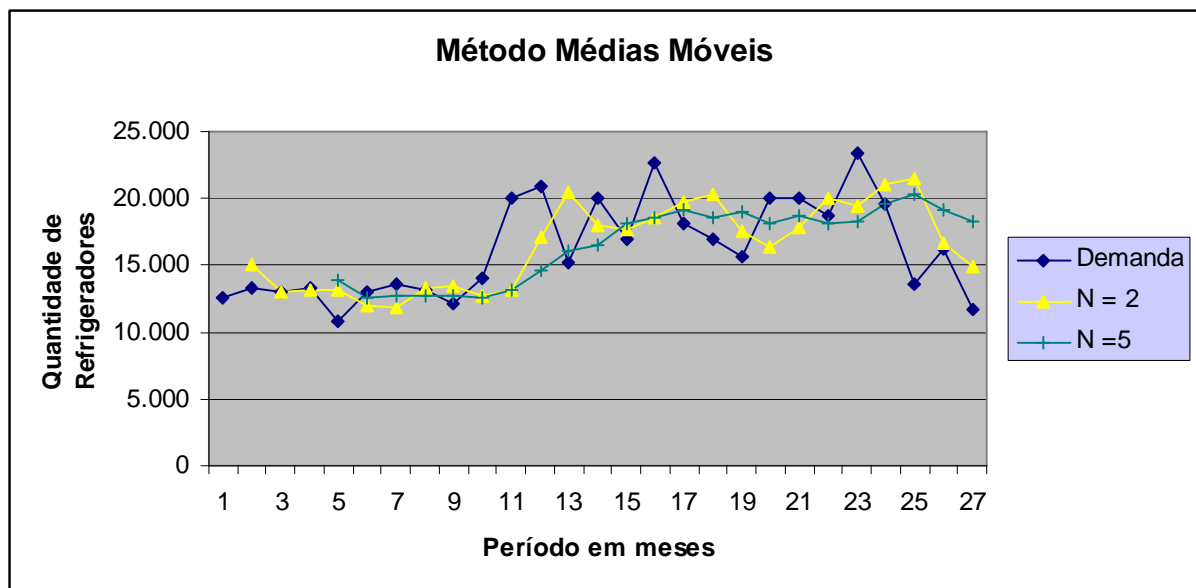


Figura 11 – Método Médias Móveis.

A previsão utilizando o método de Médias Móveis Exponenciais será apresentada na Tabela 05.

O método das médias móveis exponenciais tem um tempo elevado de reação quando a série do processo varia de forma mais abrupta, porque ele não descarta simplesmente os valores anteriores. O método reduz gradativamente a influência dos dados mais antigos na previsão. O quadro 05 mostra o comparativo entre o método das médias móveis simples com o exponencial, a primeira coluna representa os dados históricos. O k representa o peso que cada valor da serie histórica tem na composição final da média, nenhum valor é simplesmente descartado ele apenas passa a ter um peso menor toda vez que um novo valor passa a fazer parte dos cálculos. A terceira coluna representa as previsões do segundo período até o ultimo em estudo. A última coluna é a do erro que utiliza elevar ao quadrado para desconsiderar o sinal.

Tabela 04 – Previsão Utilizando o Método Médias Móveis Exponencial.

Previsão Médias Móveis Exponencial			
Vendas	K	Previsão Exp	Erro^2
17.620			
12.624	1,000	17620	24960016
13.280	0,667	14289	1018754
12.977	0,500	13785	652325
13.258	0,400	13462	41453
10.835	0,333	13394	6547116
12.986	0,286	12663	104544
13.549	0,250	12744	648830
13.225	0,222	12923	91506
12.186	0,200	12983	635209
14.047	0,182	12838	1461461
20.089	0,167	13040	49694382
20.895	0,154	14124	45845052
15.176	0,143	15091	7162
20.086	0,133	15103	24833706
16.931	0,125	15726	1453049
22.675	0,118	15867	46343558
18.073	0,111	16624	2100207
16.979	0,105	16776	41071
15.675	0,100	16797	1257998
19.975	0,095	16690	10792633
20.068	0,091	16988	9483680
18.755	0,087	17256	2246314
23.449	0,083	17381	36819085
19.662	0,080	17867	3223617
13.573	0,077	18005	19639679
16.179	0,074	17676	2242195
11.711	0,071	17569	34321309
Erro Padrão de Previsão			3544

Fonte: o autor

A figura 12 representa a previsão utilizando o método das médias móveis exponenciais comparado com a demanda real por refrigeradores.

O método MAPE é muito semelhante ao método do MAD, entretanto ao invés de levar em consideração o valor absoluto do erro, deve-se considerar qual o percentual de erro em cada observação, tomando como base a demanda real do produto.

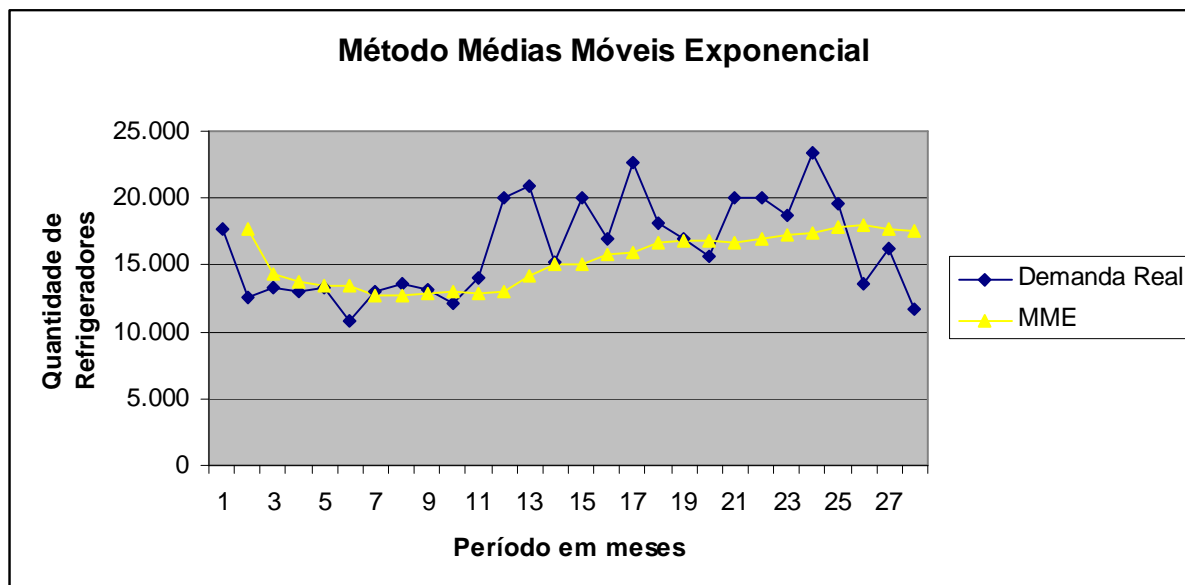


Figura 12 – Método Das Médias Móveis Exponencial.

Tabela 05 – Comparativos entre Modelos de Média Móvel

MODELO	ERRO PADRÃO (MAD)	PERCENTUAL DE ERRO (MAPE)
MÉDIA MÓVEL COM DOIS PERÍODOS	3220	0,1453
MÉDIA MÓVEL EXPONENCIAL	3544	0,1508

Fonte: o autor

3.7 Análise de Previsão de Demanda segundo o Método de Box & Jenkins (ARIMA)

Para analisar os dados seguindo a teoria do método de Box e Jenkins, foi utilizado o software Forecast Pro for Windows – Version 3.5, com o intuito de revelar qual o ARIMA que melhor descreveu o processo estocástico referente a demanda por refrigeradores na empresa estudada. É válido ressaltar, que ao ser solicitado o aplicativo de previsão, ele leva em consideração todas as variantes do modelo ARIMA, e também do modelo SARIMA, no qual os coeficientes de sazonalidade estão presentes. Portanto o *out-put* do programa já analisou todas as possibilidades que existem com relação a formulação e composição do método de previsão ARIMA. Além disso, o modelo elaborado é desenvolvido respeitando-se a condição de estacionariedade da série e também a condição de que o ruído atribuído ao processo deve ser um ruído branco.

Segundo o software, o modelo ARIMA que mais se adequou à série histórica de dados é o ARIMA (0,1,0), ou seja, “p” igual a 0, “d” igual a “1” e “q” igual a 0, sendo o modelo composto apenas por uma constante e uma parcela aleatória.

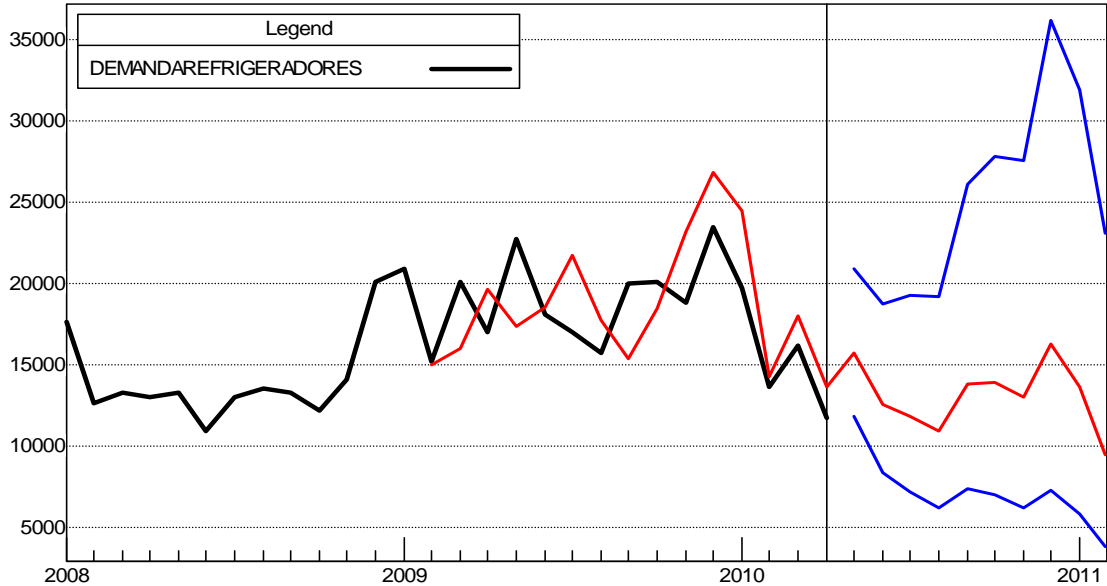


Figura 13 – Previsão pelo Método de Box E Jenkins (Arima)

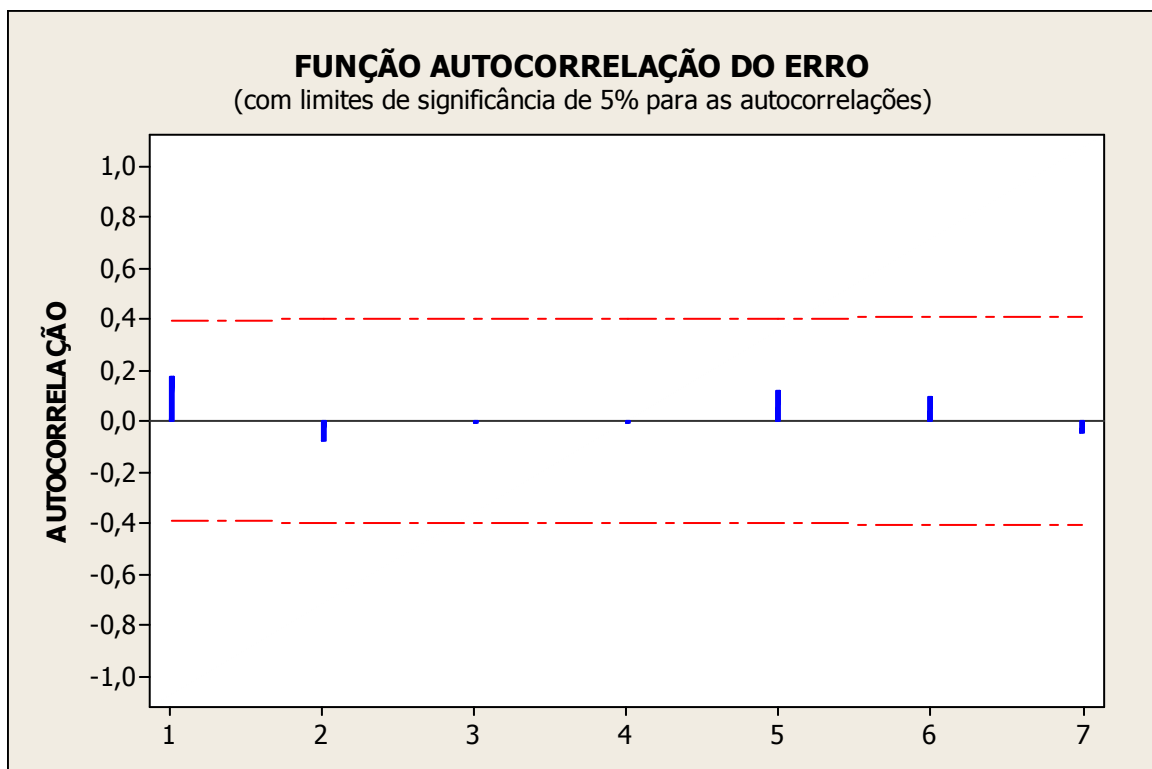


Figura 14 – Autocorrelação do Erro da Série Histórica da Demanda por Refrigeradores na Empresa em Estudo.

Para avaliar o modelo utiliza-se o resíduo se o mesmo for puramente aleatório é um indicador que o resultado é satisfatório. Para garantir este comportamento de ruído branco, faz-se uma análise da autocorrelação dos resíduos para verificar se existe alguma autocorrelação significativa. Se existir alguma autocorrelação significativa então o ruído não é puramente aleatório (não é ruído branco), se não existir autocorrelação significativa, dizemos que o ruído é puramente aleatório (ruído branco). A figura 14 mostra a função autocorrelação do erro plotada através do Minitab.

Como já foi tratado anteriormente, para que a suposição de que o ruído do processo seja um ruído branco, os valores da função de autocorrelação dos erros devem estar no interior do intervalo estabelecido pelo software. Tal fato se verifica na figura 14 acima. Dessa forma, dentro de suas limitações o modelo ARIMA (0,1,0) é o que melhor descreverá o processo estocástico dentre os modelos de previsão Box & Jenkins. As estatísticas referentes a este modelo encontram-se no quadro abaixo:

Tabela 06– Resultados do Método de Box e Jenkins

Modelo	Ljung-Box	R-square	MAPE	BIC	MAD
ARIMA (0,1,0)	L(18)=4.26 P=0.000373	0,6535	0,08243	2013	1529

Fonte: o autor

3.8 Comparação entre os Métodos de Previsão

Como foi estudado durante todo o trabalho, não existe um método que acerte todas as previsões de demanda de um processo estocástico. Esta tarefa é impossível. Mas é possível selecionar um modelo que melhor se ajuste a série histórica. Para isto é necessário que se estabeleça uma comparação entre os critérios já descritos anteriormente, que neste trabalho será o MAD e O MAPE. O quadro abaixo mostra a comparação entre as melhores performances, de cada modelo, entre os diversos métodos.

Através de análise do quadro 08 identificou-se que o modelo ARIMA (0,1,0) é o mais satisfatório entre os modelos estudados para a série histórica em análise. A

comparação foi realizada pelo critério MAD e MAPE, que são menores no modelo ARIMA.

Tabela 07 – Comparativos entre as Melhores Performances, de cada Modelo, entre os Diversos Métodos

MODELO	ERRO PADRÃO (MAD)	PERCENTUAL DE ERRO (MAPE)
Ponderação Exponencial Nível = 0,681 Tendência = 0 Sazonalidade = 0,993	1675	0,1018
Decomposição Clássica da Série de Tempo	2660	0,17
Média Móvel Com Dois Períodos	3220	0,1453
ARIMA (0,1,0)	1529	0,08243

Fonte: o autor

O único método, entre os estudados, que necessita de análise da autocorrelação dos resíduos é o modelo ARIMA. Este modelo exige para ser aceito a inexistência de autocorrelação entre os erros. Essa inexistência fica comprovada através da saída (Ljung-Box) do software Forecast Pro for Windows 3.5. O Ljung-Box teve resultado de valor igual a $Ljung-Box(18)=4.26P=0.000373$, para ser aceito é necessário um valor-p menor que 0,99. Outro fator é o gráfico de autocorrelação dos resíduos apresentado pela figura 14, não apresentou correlação acima dos limites estipulados pelo software. Estes dois fatores garantem que o ruído resultante do processo é um ruído branco, tornando assim o modelo aceitável do ponto de vista de sua formulação teórica. Portanto pode-se afirmar matematicamente que o modelo ARIMA foi o modelo que gerou as melhores previsões. A previsão de demanda para os próximos 10 meses, através do modelo ARIMA, está relacionada no Tabela 09.

O gráfico da figura 15 compara as previsões realizadas modelos que obtiveram melhores desempenhos entre os métodos analisados.

Tabela 08 – Previsão de Demanda, Método Arima, para 10 Meses

	MÊS	PREVISÃO
2010	MAIO	15879
	JUNHO	13298
	JULHO	12025
	AGOSTO	11700
	SETEMBRO	13950
	OUTUBRO	14070
	NOVEMBRO	13800
	DEZEMBRO	16233
2011	JANEIRO	13567
	FEVEREIRO	9934

Fonte: o autor

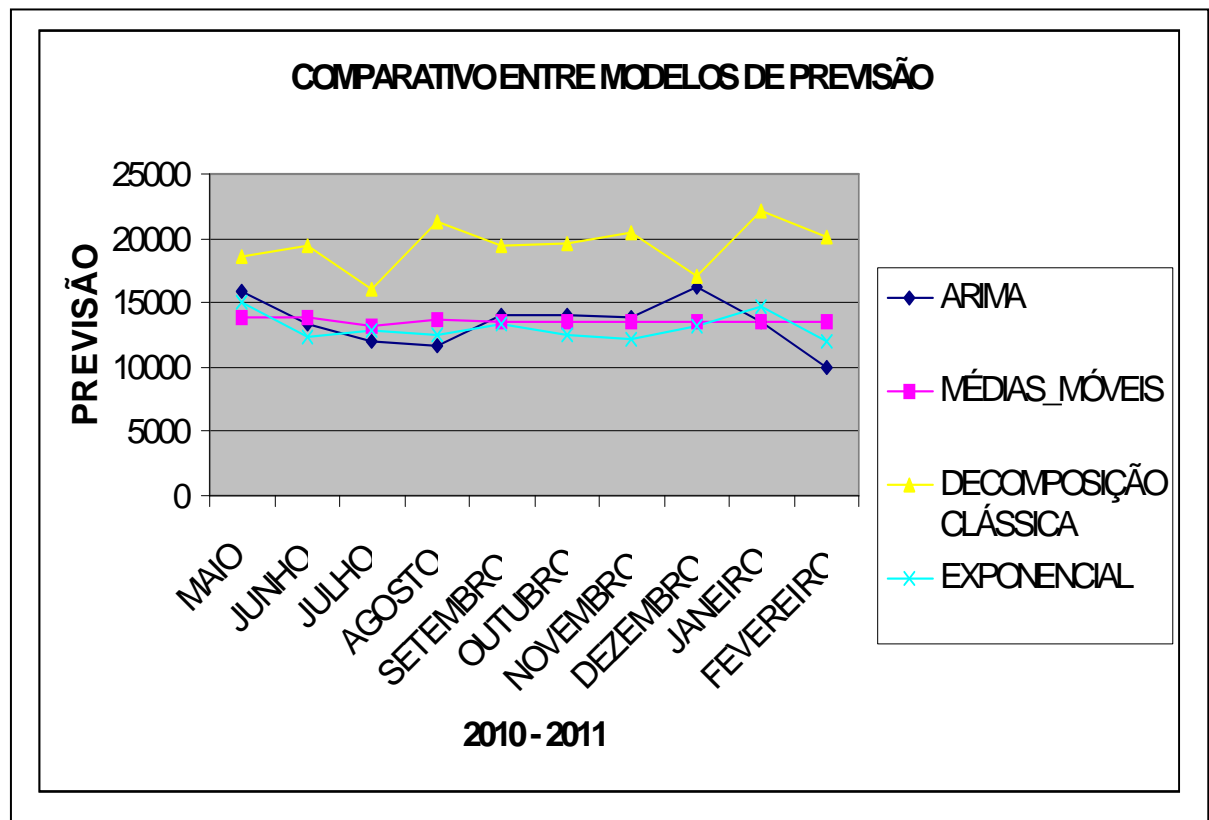


Figura 15 – Comparativo entre os Modelos de Previsão

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve o objetivo de realizar a previsão de demanda através de diversos métodos e selecionar o que apresentasse a melhor previsão de demanda, ou seja, que estivesse mais alinhado com os dados da Ricardo Eletro. Isto tudo com base no critério de medida do desempenho, para com isso auxiliar os gestores da empresa no momento da compra de seus produtos.

O custo financeiro de estoque é importante destacar que, por se tratar de um custo de oportunidade, ele não está ligado a um desembolso e também não aparece em nenhuma conta ou nota de pagamento. Ele faz referência a um possível rendimento que o capital imobilizado teria, caso fosse aplicado em algum outro projeto da empresa.

No caso de uma empresa que comercializa produtos acabados, como a Ricardo Eletro, o custo financeiro de estoque pode ser calculado multiplicando-se o valor dos produtos em estoque pela taxa de oportunidade da empresa independente do prazo da decisão que se pretende tomar. Pois neste caso, o estoque é valorado com base no preço de compra, o qual, na grande maioria das vezes, é um custo totalmente variável. Assim, o mesmo valor do bem poderia não ser imobilizado, caso este não fosse comprado.

A tendência de centralização dos estoques no varejo aliado aos programas de reposição contínua tem permitido uma pequena redução do efeito da variabilidade da demanda. Além disto, a alta disponibilidade de produtos da indústria mais preocupada com a disponibilidade também ajuda o ressuprimento do varejo, mas isso não é suficiente para levar a empresa ao mais alto nível de eficiência.

A utilização de técnicas de previsão de demanda busca uma melhor distribuição dos recursos destinados a aquisição de produtos para estoque, evitando aquisições em excesso, ou em quantidades insuficientes para suprir a demanda, e assim aumentar o nível de serviço apresentado pela empresa e possibilitar investimento em outras áreas.

O objetivo do trabalho foi alcançado, conseguindo chegar no melhor resultado através do método Suavização Exponencial e Box & Jenkins, com o modelo ARIMA (0,1,0), que melhor se adequou as particularidades da série estudada e portanto conclui-se que, para o estudo proposto, este modelo obteve o melhor desempenho.

O fato do método Suavização Exponencial e Box & Jenkins com o modelo ARIMA (0,1,0) ter conseguido o melhor desempenho, não denota superioridade desse modelo com relação aos demais, existem inúmeros processos estocásticos, cada um com diversas séries históricas possíveis. Por este motivo é necessário estudar cada série histórica como sendo outro evento totalmente independente.

Uma sugestão de continuidade do trabalho é mensurar quantitativamente o custo do excesso de estoque imobilizado pela empresa e o custo da falta do produto, venda perdida. O trade-off chave para parametrização de qualquer modelo de gestão de estoque, quanto maior for o custo de excesso de um produto em relação ao custo da falta, menor deve ser o estoque de segurança para atender as possíveis variações de vendas e falhas de suprimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial/** Ronald H. Ballou; tradução Raul Rubenich – 5. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2006.

BUFFA, E. S.; SARIN, R. K. **Modern production/operations management.** New York: John Wiley & Sons, 1987.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. & COOPER, M. B., “**Gestão Logística de Cadeias de Suprimentos**”, Editora Bookman, Porto Alegre, 2006.

SOUZA, R.C., CAMARGO, M.E. **Análise e Previsão de Séries Temporais: Os Modelos ARIMA.** Ijuí: SEDIGRAF, 1996.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2007.

CHOPRA, S. & MEIMDI, P., “**Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia Planejamento e Operação**”, Editora Prentice Hall, São Paulo, 2004.

MOREIRA, D. A., “**Administração da Produção e Operações**”. Editora Thomson Learning, São Paulo, 2006.

MAKRIDAKIS, S.; WHEEL WRIGHT, S. & HYNDMAN, R. J., “**Forecasting Methods and Applications**”, John Wiley & Sons, EUA, 1998.

HILLIER, F.S; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to Operations Research.** Seventh Edition. McGraw Hill, 2002.

Ricardo Eletro. Disponível em www.ricardoeletro.com.br/Institucional/Index/NossasLojas. Acesso em 28 out 2009.

ZANINI, A. **Redes Neurais e Regressão Dinâmica: Um modelo híbrido para previsão de curto prazo da demanda de gasolina automotiva no Brasil.** Dissertação de Mestrado. Puc-Rio. 2000.

MONTES, F. **Previsão de demanda em um comercio de gêneros alimentícios.** 2007. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007. Disponível em: <http://www.fmepro.org/XP/XP-EasyPortal/Site/XP-PortalPaginaShow.php?id=406> . Acesso em 28 ago 2009.