

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MARINA WEIL AFONSO

**ANÁLISE DOS MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA APLICADOS AO  
CONTROLE DE ESTOQUE DE UMA FARMÁCIA HOSPITALAR**

JUIZ DE FORA

2010

MARINA WEIL AFONSO

**ANÁLISE DOS MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA APLICADOS AO  
CONTROLE DE ESTOQUE DE UMA FARMÁCIA HOSPITALAR**

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

Orientador: MSc., Roberto Malheiros Moreira Filho

Co-Orientador: MSc., Mario Lucio de Oliveira Novaes

JUIZ DE FORA

2010

Afonso, Marina Weil.

Análise dos modelos de previsão de demanda aplicados ao controle de estoque de uma farmácia hospitalar / Marina Weil Alonso. – 2010. -- 61 f..

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

1. Administração da produção. 2. Medicamentos - Administração. 3. Medicamentos - Controle de qualidade. I. Título.

CDU 658.5

MARINA WEIL AFONSO

**ANÁLISE DOS MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA APLICADOS AO  
CONTROLE DE ESTOQUE DE UMA FARMÁCIA HOSPITALAR**

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

Aprovada em 09 de novembro de 2010.

**BANCA EXAMINADORA**

---

MSc., Roberto Malheiros Moreira Filho  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

MSc., Mario Lucio de Oliveira Novaes  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Diogo Antonio Rodrigues  
Universidade Federal de Juiz de Fora

## AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais, Oswaldo e Vivianne, aos quais dedico este Trabalho de Conclusão de Curso, agradeço por acreditarem em mim e me proporcionarem os melhores estudos e oportunidades.

Ao Henrique, pela ajuda e atenção que nunca conseguirei retribuir.

Ao Daniel, pelo companheirismo e compreensão em todos os momentos.

Aos meus avós agradeço a experiência e os ensinamentos transmitidos.

Ao meu professor e orientador Roberto pela paciência, disponibilidade e vontade de ensinar, tornando o desenvolvimento deste estudo em uma oportunidade prazerosa de aprendizagem e crescimento.

Ao meu co-orientador Mario, que me apresentou a este desafiador mundo de previsão de demanda na área da saúde. Muito obrigada pelos ensinamentos que vão além dos livros.

Aos demais mestres da faculdade de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Juiz de Fora, por tornarem possível o sonho de ser engenheira.

Aos meus amigos, agradeço por estarem comigo nesta trajetória e por serem os irmãos que Deus me permitiu escolher.

Aos amigos Marília e Thadeu obrigada pela força, paciência e confiança.

## RESUMO

No Brasil, os processos de previsão de demandas no setor de saúde ainda se apóiam no conhecimento tácito dos gestores. O objetivo desta pesquisa é analisar modelos de previsão de demandas aplicados à série histórica de um medicamento abrigado em uma farmácia hospitalar e avaliar a possibilidade de sua utilização, visando auxiliar no processo de gestão de suprimentos da empresa. Trata-se de um estudo de Modelagem e Simulação em uma farmácia de um hospital cirúrgico da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. Para escolha do medicamento a ser analisado utilizou-se a classificação ABC, sendo objeto de estudo um medicamento pertencente à classe A, uma vez que esta classe é responsável pela maior parte do valor monetário do estoque. Na série histórica com observações de demandas mensais do produto escolhido foram aplicados os métodos *NAÏVE*, Média Móvel Aritmética Simples, Suavização Exponencial (Simples, Holt e Holt-Winters) e Regressão Linear Simples para se realizar a previsão da demanda, tendo como auxílio os *softwares Forecast Pro for Windows*© e *Excel*©. Empregaram-se o Erro médio percentual absoluto (MAPE) e o Desvio médio absoluto (MAD) para validação das previsões obtidas e escolha do modelo de maior acurácia. Os resultados evidenciaram que o método da Regressão Linear Simples com dessazonalização da demanda se mostra o mais adequado para emprego como método preditivo na série observada, visto que resultou em menores erros de previsão. Concluiu-se que métodos de previsão de demanda podem ser usados para otimizar o estoque de medicamentos em farmácia hospitalar.

**Palavras-chaves:** Demanda. Modelos de Previsão. Medicamentos.

## ABSTRACT

In Brazil, demand forecasting processes in the health sector are still based on managers' tacit knowledge. The aim of this research is to analyze demand forecasting models applied to the time series of a given medicine hosted in a hospital pharmacy. In addition, to evaluate the possibility of using this tool as a forecasting model, which intends to aid in the company's supply management process. The research involves a Modeling and Simulation study in a pharmacy of a surgical hospital located in the city of Juiz de Fora, Minas Gerais. In order to choose the analyzed medicine, ABC classification was used. The study object will be a medicine included in class A, provided this class is responsible for the major part of the stock monetary value. The *NAÏVE*, Single Moving Average, Exponential Smoothing (Simple, Holt and Holt-Winters) and Simple Linear Regression methods were applied to the time series, which involved demand observations on a monthly basis of the chosen product. The software used were *Forecast Pro for Windows*© and *Excel*©. The Mean Absolute Percentual Error (MAPE) and the Mean Absolute Deviation (MAD) were applied to validate the forecasts obtained and to choose the more appropriate model. The results revealed that the Simple Linear Regression approach, using deseasonalized demand, proved to be the most suitable to be employed as a predictive method in the investigated series, once it resulted in less forecasting errors. It was concluded that the demand forecasting models can be used to optimize the medicine stock in hospital pharmacies.

**Keywords:** Demand. Forecasting models. Medicines.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Hipóteses a serem verificadas.....	13
Figura 1 - Gráfico ABC.....	16
Figura 2 - Equilíbrio entre planejamento e controle da produção ao longo do tempo.....	20
Figura 3 - Características de uma série temporal.....	22
Figura 4 - Modelos de séries temporais utilizados na indústria.....	23
Figura 5 - Finalidades do estudo de uma série temporal.....	24
Figura 6 - Modelo aditivo de Holt-Winters.....	31
Figura 7 - Modelo multiplicativo de Holt-Winters.....	31
Figura 8 - Gráfico da Classificação ABC dos produtos da farmácia hospitalar.....	43
Figura 9 - Gráfico da demanda do medicamento Propofol.....	44
Figura 10 - Série de demanda mensal (em preto) e da demanda prevista (em vermelho) do medicamento Propofol com a utilização do método <i>NAÏVE</i> .....	45
Figura 11 - Série de demanda mensal (em preto) e da demanda prevista (em vermelho) do medicamento Propofol com a utilização do método da Média Móvel Aritmética Simples.....	46
Figura 12 - Série de demanda mensal (em preto) e da demanda prevista (em vermelho) do medicamento Propofol com a utilização do método da Suavização Exponencial.....	47
Figura 13 - Gráfico da demanda dessazonalizada do medicamento Propofol para aplicação do método da Regressão Linear Simples.....	48
Figura 14 - Gráfico da reta da demanda dessazonalizada do medicamento Propofol obtida pelo do método da Regressão Linear Simples.....	49
Figura 15 - Série de demanda mensal e da demanda prevista do medicamento Propofol com a utilização do método da Regressão Linear Simples.....	50
Figura 16 - Série de demanda mensal do medicamento Propofol após tratamento de <i>outlier</i> .....	51
Figura 17 - Gráfico da reta da demanda dessazonalizada do medicamento Propofol obtida pelo do método da Regressão Linear Simples após tratamento de <i>outlier</i> .....	52
	53



Figura 18 - Série de demanda mensal e da demanda prevista do medicamento Propofol com a utilização do método da Regressão Linear Simples após tratamento de *outlier*.....

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação ABC dos medicamentos da farmácia hospitalar.....	43
Tabela 2 - Valores dos critérios de validação obtidos com o método <i>NAÏVE</i> .....	45
Tabela 3 - Valores dos critérios de validação obtidos com o método da Média Móvel Aritmética Simples.....	46
Tabela 4 - Valores dos critérios de validação obtidos com o método da Suavização Exponencial.....	47
Tabela 5 - Parâmetros da Regressão Linear Simples utilizando $p = 0, 4, 6$ e $12$	48
Tabela 6 - Valores dos critérios de validação obtidos com o método da Regressão Linear Simples.....	50
Tabela 7 - Parâmetros da Regressão Linear Simples após tratamento de <i>outlier</i> utilizando periodicidade $p = 12$ .....	51
Tabela 8 - Valores dos critérios de validação obtidos com o método da Regressão Linear Simples após tratamento de <i>outlier</i> .....	53
Tabela 9 - Comparação dos valores dos critérios de validação do modelo.....	54
Tabela 10 - Valores dos critérios de validação obtidos com a Regressão Linear Simples (com e sem tratamento de <i>ourlier</i> ) .....	55

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	11
1.2	JUSTIFICATIVA.....	12
1.3	ESCOPO DO TRABALHO.....	12
1.4	FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES.....	13
1.5	OBJETIVOS.....	13
1.5.1	Objetivo geral.....	13
1.5.2	Objetivos específicos.....	14
1.6	DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA.....	14
1.6.1	Definição do problema.....	14
1.6.2	Coleta de dados.....	14
1.6.3	Priorização dos produtos.....	15
1.6.4	Seleção do pacote computacional.....	16
1.6.5	Análise preliminar dos dados.....	16
1.6.6	Aplicação dos métodos de previsão de demanda.....	17
1.6.7	Escolha e validação do modelo.....	17
1.7.	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>19</b>
2.1	PREVISÃO DE DEMANDA.....	19
2.1.1	O papel das previsões em uma cadeia de suprimentos.....	20
2.2	MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA.....	21
2.2.1	Métodos de projeção histórica.....	23
2.2.1.1	Séries temporais.....	24
2.2.1.2	Método <i>NAÏVE</i> .....	25
2.2.1.3	Método da Média Móvel Aritmética Simples.....	25
2.2.1.4	Método da Suavização Exponencial Simples.....	27
2.2.1.5	Método de Holt.....	29
2.2.1.6	Método de Holt-Winters.....	30
2.2.1.7	Regressão Linear Simples.....	33
2.2.2	<i>Software</i> para previsão de demanda.....	37
2.2.3	Critérios para validação de métodos de previsão.....	38

2.2.3.1	Erro médio percentual absoluto (MAPE) .....	39
2.2.3.2	Desvio médio absoluto (MAD) .....	39
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>41</b>
3.1	DESCRIÇÃO DO PROTOCOLO DE PESQUISA.....	41
3.2	DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISE.....	42
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
4.1	RESULTADOS ALCANÇADOS.....	43
4.1.1	Priorização dos produtos.....	43
4.1.2	Aplicação dos métodos de previsão de demanda.....	44
4.1.2.1	Aplicação do método NAIVE.....	45
4.1.2.2	Aplicação do método da Média Móvel Aritmética Simples.....	45
4.1.2.3	Aplicação do método da Suavização Exponencial.....	46
4.1.2.4	Aplicação do método da Regressão Linear Simples.....	47
4.2	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	54
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>
	<b>ANEXO 1 – TERMO DE AUTENTICIDADE.....</b>	<b>61</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na visão de Fitzsimmons e Fitzsimmons (2005), o setor de saúde é marcado por duas circunstâncias: os recursos econômicos a ele destinados tornam-se mais escassos com o tempo e a capacidade de atendimento encontra-se abaixo das demandas de doentes (NOVAES, 2007). Diante disto, as organizações de saúde necessitam rever seus critérios produtivos, a fim de adequarem a escassez de recursos existentes no setor a um processo de gestão profissionalizada dos mesmos (NOVAES, 2007).

Segundo Alencastro (2010, p.3), é conhecida a perda de medicamentos devido a deficiências no gerenciamento dos mesmos:

Os governos federal, estaduais e municipais desperdiçam todo ano cerca de R\$ 1 bilhão com medicamentos. A estimativa é do Conselho Federal de Farmácia (CFF), que calcula que, em média, 20% dos remédios comprados no varejo pelo poder público e pelos hospitais privados são desperdiçados anualmente. Isso acontece, segundo o conselho, por falhas na aquisição e no armazenamento dos remédios e por problemas na gestão dos produtos.

De acordo com Novaes, Gonçalves e Simonetti (2006), medicamentos são insumos básicos à vida. O aumento da longevidade e o crescimento do número de doenças degenerativas, aliados aos novos modelos terapêuticos propostos, implicam um incremento no uso de remédios pela população.

À utilização crescente de medicamentos associa-se seu gerenciamento complexo devido a características desses materiais como (1) os prazos de validade curtos, (2) a multiplicidade de apresentações, seja de conteúdos, embalagens ou estados físicos, (3) o seu alto valor unitário e (4) a facilidade de furtos.

A administração de recursos e insumos de modo a evitar perdas e promover sua alocação tem uma ação democratizante ao se tratarem dos cuidados com as doenças que afligem a população. Nesse contexto, essa pesquisa observa métodos quantitativos de previsão de demandas - o Método *NAÏVE*, o Método da Média Móvel Aritmética Simples, o Método de Suavização Exponencial (simples, o Método de Holt e o Método de Holt-Winters) e a Regressão Linear Simples - aplicados à série histórica de medicamento abrigado em uma farmácia hospitalar através do emprego da ferramenta de previsão *Forecast Pro for Windows*© e do *Excel*© e avalia a possibilidade de seu uso pelos gestores do setor.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

A contribuição desse estudo reside na aplicação de métodos de previsão de demandas ao setor de saúde, onde as estratégias de ressurgimento ainda se encontram sedimentadas em bases empíricas (NOVAES, 2007).

Prever demandas é importante uma vez que em um mercado competitivo espera-se que as organizações tenham capacidade de tomar decisões rápidas e precisas. As demandas previstas servem de ponto de partida para diversas tomadas de decisões em vários setores da empresa, como, por exemplo, no planejamento e controle da produção (PCP), logística, setor financeiro e recursos humanos (BALLOU, 2006). Os modelos de previsão de demanda objetivam também diminuir as oscilações de falta e excesso de estoque.

A gestão dos estoques na área de saúde por meio do emprego de técnicas de previsão de demandas se mostra relevante já que agrega importância não só econômica, em função da necessidade de redução de custos, mas também social, ao permitir que se utilize parte do capital imobilizado nos estoques para outras finalidades, como a aquisição de novos insumos destinados à prevenção e ao tratamento de doenças.

A viabilidade da pesquisa será determinada pela adequação dos modelos de previsão à série histórica em estudo.

## 1.3. ESCOPO DO TRABALHO

A unidade de análise do estudo é a farmácia hospitalar de um hospital cirúrgico privado localizado na cidade de Juiz de Fora. O nome da instituição não será citado uma vez que a pesquisa utiliza dados estratégicos da organização.

A farmácia hospitalar é, atualmente, unidade agregada ao hospital e tem como objetivos garantir o uso seguro e racional das medicações prescritas pelo profissional médico e atender à demanda de medicamentos dos pacientes hospitalizados (NOVAES et al., 2008).

A demanda de remédios é variável já que é impossível determinar com que necessidades terapêuticas o paciente será admitido no hospital, o que dificulta a gestão de seus estoques (BARBIERI; MACHLINE, 2006). Esse comportamento randômico da demanda de medicamentos induz a processos de ressurgimento incertos, o que implica a busca por modelos gerenciais voltados à administração dessas demandas. Dentre estes, estão os modelos de previsão.

Diante deste cenário, este estudo visa responder à seguinte pergunta: é possível

aplicar métodos de previsão de demanda advindos da manufatura na série histórica de um medicamento abrigado no estoque da farmácia hospitalar observada?

Esta pesquisa visa aplicar métodos de previsão de demanda a produtos abrigados em uma farmácia hospitalar. A classificação ABC será usada como técnica de priorização dos produtos, não sendo objetivo deste estudo definir métodos de gerenciamento das três classes.

Outra limitação do estudo diz respeito à disponibilidade dos dados, uma vez que os dados das demandas dos medicamentos começaram a ser registradas em abril de 2009. Apenas os medicamentos de uso de controlado tiveram sua demanda registrada antes deste período.

#### 1.4. FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES

Esta pesquisa pretende verificar as hipóteses apresentadas no Quadro 1.

<b>Problema</b>	Qual dos métodos em estudo melhor se adéqua à série temporal?
<b>Hipótese 1</b>	O Método <i>NAÏVE</i> deve ser utilizado para previsão de demanda da série em estudo, pois apresenta maior acurácia na previsão.
<b>Hipótese 2</b>	O Método da Média Móvel Aritmética Simples deve ser utilizado para previsão de demanda da série em estudo, pois apresenta maior acurácia na previsão.
<b>Hipótese 3</b>	O Método de Suavização Exponencial deve ser utilizado para previsão de demanda da série em estudo, pois apresenta maior acurácia na previsão.
<b>Hipótese 4</b>	A Regressão Linear Simples deve ser utilizada para previsão de demanda da série em estudo, pois apresenta maior acurácia na previsão.

Quadro 1 - Hipóteses a serem verificadas

#### 1.5. OBJETIVOS

##### 1.5.1. Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é analisar modelos de previsão de demandas aplicados à série histórica de um medicamento abrigado em uma farmácia hospitalar e avaliar a possibilidade de sua utilização, visando auxiliar no processo de gestão de suprimentos da empresa.

### 1.5.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos dessa pesquisa são:

- a) Observar a série de demanda de um medicamento abrigado em uma farmácia hospitalar;
- b) Verificar a aplicabilidade de métodos de previsão de demandas a essa série;
- c) Apresentar uma comparação entre os modelos de previsão de demandas utilizados na pesquisa;
- d) Apontar, dentre os modelos de previsão empregados, aquele de maior acurácia.

## 1.6. DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

Classifica-se o presente estudo como sendo de natureza aplicada, uma vez que este tem interesse prático. Os objetivos são descritivos, pois visa descrever as características da população e estabelecer relações entre as variáveis. A abordagem é quantitativa, requerendo o uso de recursos e técnicas estatísticas. O método utilizado é a modelagem e simulação, sendo este um estudo de modelagem estocástica. A unidade de estudo é a farmácia hospitalar de um hospital cirúrgico localizado na cidade de Juiz de Fora.

Os passos a serem seguidos na elaboração do estudo foram baseados nas metodologias propostas por Pellegrini (2000) e Morabito e Pureza (2009) e estão descritos a seguir.

### 1.6.1 Definição do problema

Nesta primeira etapa da realização do estudo são definidos o escopo do problema em estudo, as decisões de interesse e os objetivos envolvidos. Também são descritas as alternativas de decisões e as limitações sob as quais o sistema funciona (MORABITO; PUREZA, 2009).

### 1.6.2 Coleta de dados

As informações necessárias foram coletadas através de dados de arquivo (pesquisa documental), o que envolve registros em planilhas eletrônicas e em livros utilizados para controle de estoque de medicamentos da farmácia da empresa alvo. O período de coleta foi de



abril a setembro de 2010, e os dados coletados são as demandas referentes ao período de janeiro de 2005 a março de 2010. Esta observação ocorreu de forma estruturada e não participante. Com base nos dados coletados objetivou-se criar um banco de dados em planilha eletrônica.

Além disto, foram necessárias entrevistas com os gestores da farmácia para se obter a explicação de fenômenos observados nos dados coletados e mais informações sobre a empresa em estudo.

### 1.6.3 Priorização dos produtos

O gerenciamento dos estoques das farmácias hospitalares é dificultado pela grande diversidade de produtos neles abrangidos. Uma vez que cada grupo de medicamentos tem características próprias (como giro, preço, níveis de consumo e prazos de entrega) e suas demandas são aleatórias, é interessante que o administrador dos estoques separe os produtos em grupos que possuam características gerenciais semelhantes. Esta separação possibilita ao gestor dos estoques individualizar a atenção para cada um desses grupos de medicamentos, pois um tipo de controle eficaz para um produto pode não o ser para outro (BARBIERI; MACHLINE, 2006).

Uma das metodologias aplicadas para a agregação de produtos é a classificação ABC, também chamada de curva 80-20 ou curva de Pareto, a qual determina a importância do produto, relacionando sua demanda e seu faturamento (NAHMIAS, 1993).

De acordo com esta técnica, os itens de consumo são divididos em três classes (CAVALLINI; BISSON, 2002), sendo elas descritas a seguir e representadas na Figura 1:

- a) Classe A: grupo de itens mais importantes, correspondendo a um pequeno número de medicamentos (cerca de 10% dos itens), e representa aproximadamente 70% do valor total do estoque. Estes itens devem receber do administrador um controle rigoroso, uma vez que são responsáveis pelo maior faturamento organizacional;
- b) Classe B: grupo de itens em situação intermediária entre as classes A e C, exigindo controle menos rigoroso do que para os itens de classe A e valor intermediário de itens (cerca de 20%) com contribuição para o faturamento das empresas de aproximadamente 20%;

- c) Classe C: grupo de itens que justificam pouca atenção por parte da administração, já que agrega cerca de 70% dos itens, com importância em valor próxima a 10% do valor do estoque.

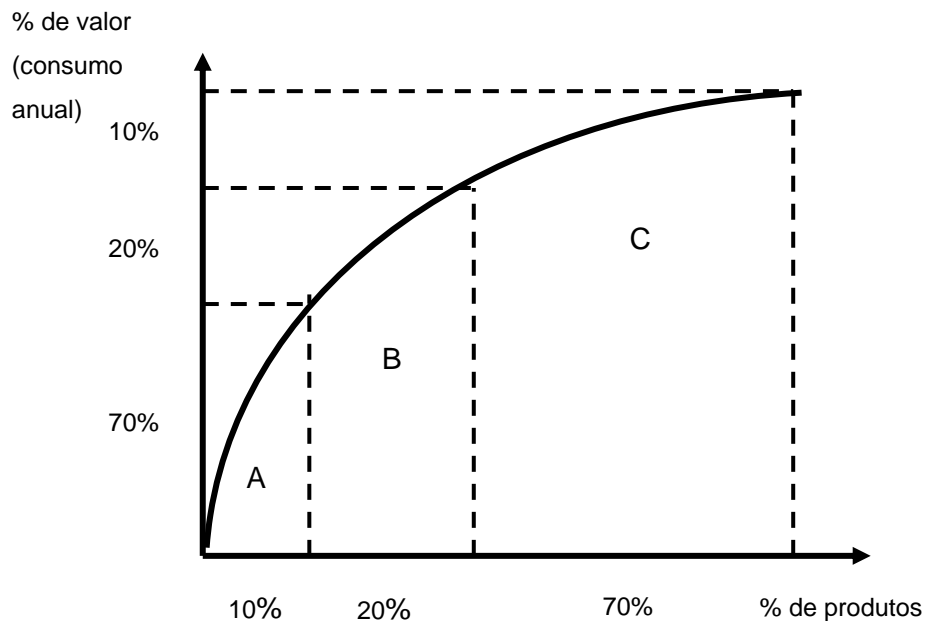


Figura 1 - Gráfico ABC  
Fonte: NOVAES, 2007 (Adaptado)

Neste estudo, os medicamentos abrigados no estoque da farmácia hospitalar serão priorizados por meio da classificação ABC. Desta forma, serão objetos de estudo os produtos pertencentes à classe A, uma vez que esta classe é responsável pela maior parte do valor monetário do estoque. Dentre estes produtos pertencentes à classe A será selecionado um medicamento para a implementação dos modelos de previsão de demanda.

#### 1.6.4 Seleção do pacote computacional

Como os modelos previsão requerem muitos cálculos, serão utilizados os *softwares Forecast Pro for Windows*© e *Excel*© para a realização da previsão de demanda e para escolha do modelo de maior acurácia para série observada.

#### 1.6.5 Análise preliminar dos dados

Nesta fase serão gerados gráficos das demandas reais do produto em estudo, a fim de detectar componentes de sazonalidade, nível, tendência e ciclo. Além disto, Pellegrini (2000)

destaca a importância da identificação e análise dos valores espúrios, também chamados de *outliers*.

#### 1.6.6 Aplicação dos métodos de previsão de demanda

O objetivo desta fase é aplicar métodos de previsão de demanda - o Método *NAÏVE*, o Método da Média Móvel Aritmética Simples, o Método de Suavização Exponencial (simples, o Método de Holt e o Método de Holt-Winters) e a Regressão Linear Simples - à série histórica em estudo.

#### 1.6.7 Escolha e validação do modelo

Determinar qual dos métodos aplicados apresenta maior acurácia para a série temporal em estudo. O método escolhido será aquele responsável por gerar um menor erro de previsão (MAPE e MAD).

### 1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

Os capítulos a apresentados neste Trabalho de Conclusão de Curso estão descritos a seguir:

#### a) CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo é delimitar o tema de estudo. Foram elaborados as justificativas, os objetivos, as hipóteses e a metodologia de estudo.

#### b) CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é apresentado o estudo da arte sobre previsão de demanda, tema em estudo neste Trabalho de Conclusão de Curso. Primeiramente, faz-se necessário mencionar a importância da previsão de demanda para as organizações. Posteriormente são abordados os métodos de previsão a serem utilizados na pesquisa, assim como os critérios de validação.

#### c) CAPÍTULO III: DESENVOLVIMENTO

O capítulo de desenvolvimento tem como objetivo a descrição da unidade de análise e a apresentação do protocolo de pesquisa, que visa garantir a validade e a fidedignidade do estudo.

#### d) CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Em um primeiro momento é necessário escolher os medicamentos a serem estudados. Isto será feito através da classificação ABC. A partir da priorização dos dados, foi escolhido um medicamento classe A para aplicação de métodos de previsão de demanda. Posteriormente foi feita a análise preliminar dos dados. O próximo passo foi a aplicação dos métodos de previsão e análise dos resultados obtidos com cada um destes para a série histórica do medicamento em estudo. Para finalizar o estudo, tem-se a escolha e validação do método de previsão que melhor se adéqua à série em análise.

#### e) CAPÍTULO V: CONCLUSÕES

Na conclusão do estudo são recapitulados os resultados e a discussão dos mesmos. Neste momento é verificado se a pesquisa atingiu os objetivos propostos. Além disto, são feitas recomendações para futuros estudos, uma vez que este trabalho poderá ser desdobrado em artigos e outras pesquisas relacionadas ao tema.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 PREVISÃO DE DEMANDA

A previsão de demandas é a habilidade de prever o futuro (SEKHRI et al., 2006).

[...] uma empresa pode criar previsões úteis se souber interpretar o passado corretamente. O conhecimento da empresa sobre o comportamento passado de seus clientes ajuda a prever seu futuro comportamento e ajuda a encontrar respostas a quaisquer ações que a empresa necessite realizar. A demanda não surge do vácuo. Ao contrário, a demanda dos clientes é influenciada por diversos fatores e pode ser prevista se a empresa conseguir determinar a relação entre o valor corrente desses fatores e a demanda futura. Em uma boa previsão de demanda, as empresas devem primeiramente identificar os fatores que influenciam a demanda futura e depois determinar a relação entre esses fatores e a demanda futura (CHOPRA; MEINDL, 2003, p. 70).

Em modelos de previsão, quer seja de vendas, demandas, ou qualquer outra variável em questão, é fundamental definir o horizonte a ser previsto: curto, médio ou longo prazo (MATOS, 2007).

No longo prazo, os gerentes de produção fazem planos relativos ao que eles pretendem fazer, que recursos precisarão e quais objetivos pretendem atingir. A ênfase está mais no planejamento do que no controle, porque existe ainda pouco a ser controlado. Será utilizada uma previsão da demanda provável, em termos agregados. No médio prazo, o planejamento e o controle referem-se a planejar em mais detalhes. Avalia-se a demanda global que a organização deve atingir de forma parcialmente desagregada. Além disto, planos contingenciais deverão ser pensados para permitirem leves desvios dos planos feitos, agindo como recurso de “reserva”. No planejamento e controle de curto prazo, muitos dos recursos já estão definidos e será difícil fazer mudanças de grande escala. Neste momento, a demanda será avaliada de forma totalmente desagregada (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Os três horizontes de previsão estão representados na Figura 2.

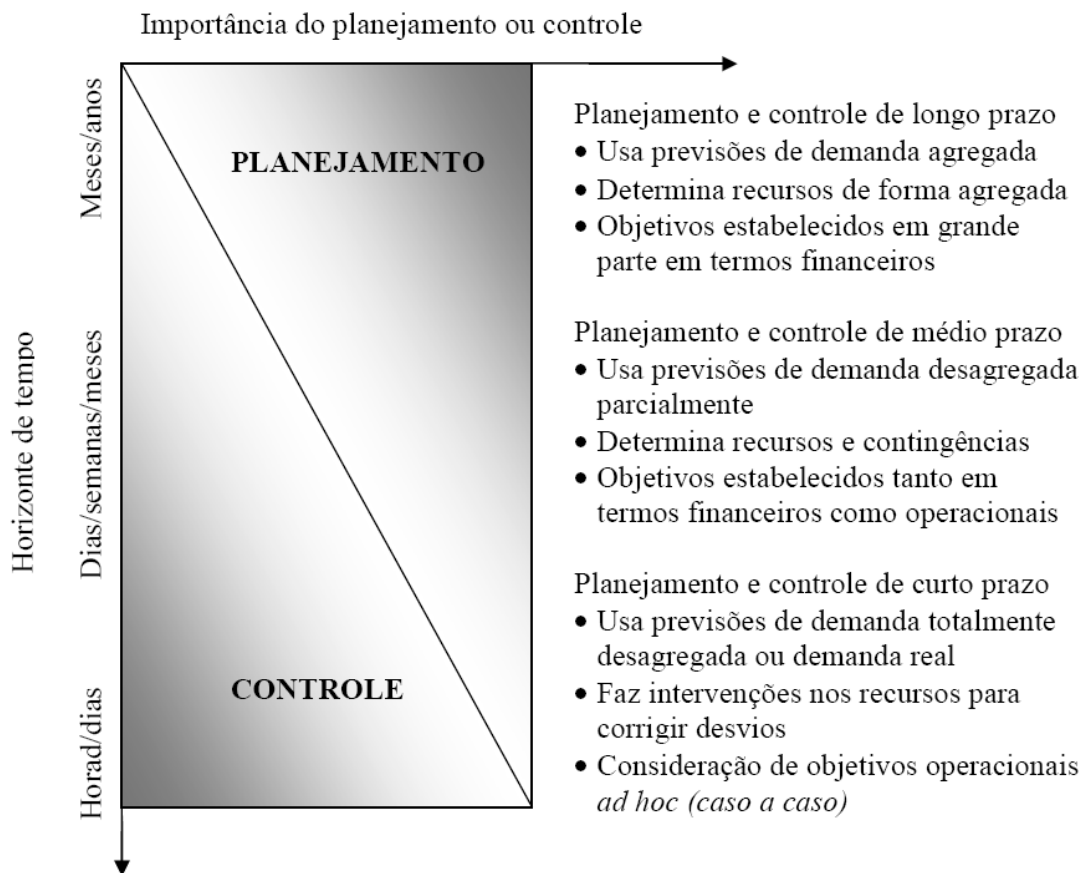


Figura 2 - Equilíbrio entre planejamento e controle da produção ao longo do tempo  
 Fonte: SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009.

Nessa pesquisa foram focalizados os processos de previsão de curto prazo, onde o horizonte de previsão é menor que 9 meses. Percebe-se que quanto maior o horizonte de previsão, maiores as incertezas geradas pelo modelo (CHATFIELD, 1980). No setor de saúde se empregam as previsões de demandas de curto prazo - de um mês até um ano adiante, preferencialmente 3 meses adiante - em função da alta aleatoriedade presente nessa área (NOVAES, 2007).

### 2.1.1 O papel das previsões em uma cadeia de suprimentos

Segundo Chopra e Meindl (2003), a previsão da demanda futura é a base para todas as decisões estratégicas e de planejamento das cadeias de suprimentos. As empresas utilizam as previsões de demanda para muitas determinações realizadas na cadeia de suprimentos. Chopra e Meindl (2003) listam algumas importantes decisões por área funcional que se baseiam em tais previsões:

- Produção: programação, controle de estoque e planejamento agregado.

- Marketing: alocação da força de vendas, promoções e lançamentos de novos produtos.
- Finanças: investimentos na fábrica e em equipamentos e planejamento de orçamentos.
- Pessoal: planejamento da mão-de-obra, contratações e demissões.

A previsão dos níveis de demanda é de suma importância para toda a empresa, à medida que proporciona a entrada básica para o planejamento e controle de todas as diversas áreas funcionais das organizações. Os volumes de demanda e os momentos em que ocorrerão afetam fundamentalmente os índices de capacidade, as necessidades financeiras e a estrutura geral de qualquer negócio (BALLOU, 2006).

## 2.2 MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA

Segundo Ballou (2006), os métodos de previsão são divididos em três categorias, sendo elas métodos qualitativos, métodos de projeção histórica e métodos causais. Os métodos de projeção histórica e os métodos causais são classificados como métodos quantitativos.

### a) Métodos Qualitativos

Métodos qualitativos são aqueles que recorrem a julgamento, pesquisas, intuição ou técnicas comparativas a fim de produzir previsões quantitativas sobre o futuro. As informações relativas aos fatores que afetam a previsão são tipicamente não quantitativas, flexíveis e subjetivas. Utilizam-se estas técnicas geralmente quando os dados históricos não estão ao alcance ou são escassos (BALLOU, 2006).

Assim, o uso desse tipo de modelo é muito observado quando da necessidade do desenvolvimento de estratégias de longo e médio prazo e de novos produtos onde a taxa de aceitação do mesmo no mercado é ainda incerta (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

Os métodos qualitativos baseiam-se em opiniões de especialistas, os quais fundamentam-se na apreciação do pessoal de vendas, no julgamento de executivos, e nas expectativas dos consumidores. Uma vez que diferentes indivíduos apresentam preferências distintas, esses métodos são vulneráveis a tendências que podem afetar a confiabilidade de suas previsões (PELLEGRINI, 2000).

Dentre os principais métodos qualitativos estão a pesquisa de mercado e o método Delphi. Estes não serão objeto de estudo desse trabalho uma vez que o foco da pesquisa está relacionado à seleção de um modelo quantitativo para previsão de demanda.

### b) Métodos de Projeção Histórica

Quando se dispõe de um número razoável de dados históricos e a tendência e variações sazonais nas séries de tempo são estáveis e bem definidas, podem-se utilizar os métodos de projeção histórica para previsão de curto prazo. Estes métodos partem da premissa de que o padrão de tempo futuro será uma repetição do passado, pelo menos em sua maior parte (BALLOU, 2006). Em outras palavras, quando métodos de previsão com série histórica são utilizados, a demanda atual, os padrões de crescimento e os padrões sazonais históricos influenciarão em sua demanda futura (CHOPRA; MEINDL, 2003).

De acordo com Ballou (2006), a natureza quantitativa das séries de tempo incentiva o uso de modelos estatísticos e matemáticos como principais fontes de previsão. A escolha do método depende do comportamento da série histórica em estudo. Segundo Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998), uma série temporal pode exibir até quatro características diferentes em seu comportamento: média, sazonalidade, ciclo e tendência. Estas características estão exemplificadas na Figura 3.

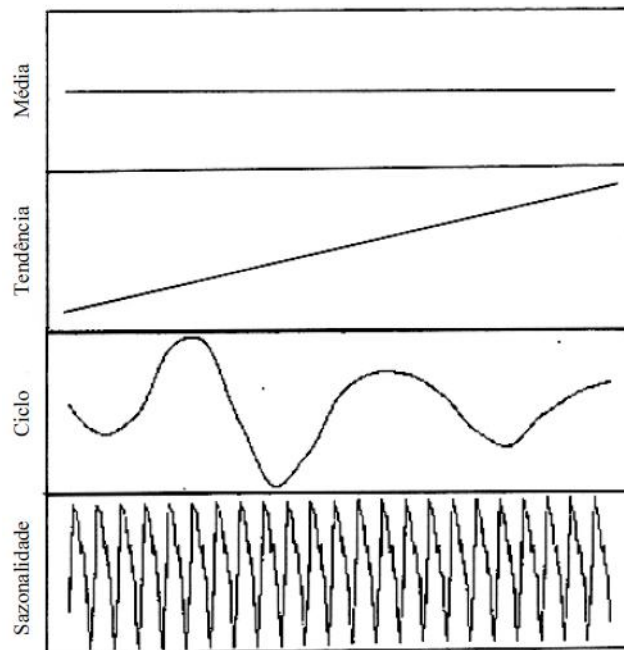


Figura 3 - Características de uma série temporal  
 Fonte: MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998 (Adaptado)

Os modelos que envolvem a utilização de séries temporais são utilizados de longa data nos processos de previsão na manufatura. Em pesquisa de Jain e Malehorn (2006) se observam os modelos de previsão usados na indústria como consta na Figura 4.



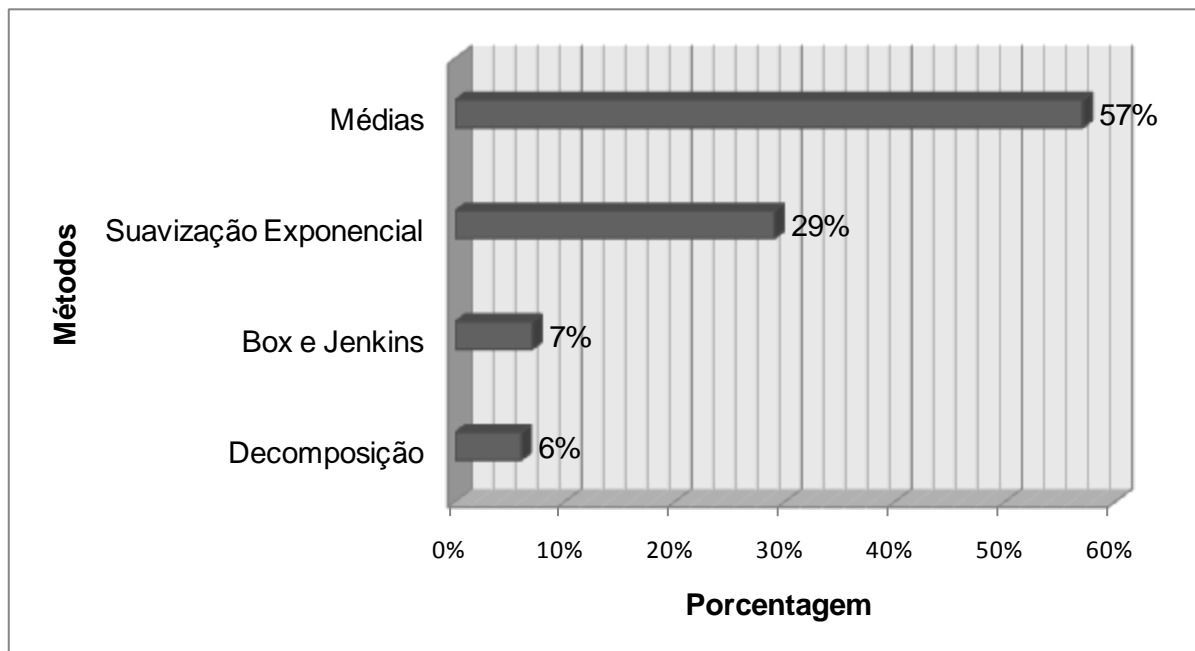


Figura 4 - Modelos de séries temporais utilizados na indústria  
 Fonte: JAIN; MALEHORN, 2006 (Adaptado)

De acordo com Novaes (2007), os processos de previsão de demandas nas instituições de saúde ainda se mostram, no momento, fundamentados no conhecimento tácito dos administradores dessas organizações, observando-se o desconhecimento dos possíveis benefícios advindos do uso dos métodos de previsão.

#### c) Métodos Causais

Métodos causais partem da premissa de que a previsão de demanda é amplamente correlacionada com alguns fatores conjunturais, como por exemplo situação econômica ou taxas de juros. Sendo assim, estabelecem correlação entre demanda e fatores conjunturais e utilizam estimativas de quais serão esses fatores conjunturais para prever a demanda futura (CHOPRA; MEINDL, 2003).

#### 2.2.1 Métodos de projeção histórica

Dentre os métodos de projeção histórica serão abordados nessa pesquisa o Método *NAÏVE*, o Método da Média Móvel Simples, o Método de Suavização Exponencial (simples, Método de Holt e Método de Holt-Winters) e a Regressão Linear Simples. A escolha dos métodos foi baseada na facilidade de compreensão e manuseio, além do baixo custo operacional.

### 2.2.1.1 Séries temporais

Série temporal é qualquer conjunto de observações obtidas de forma seqüencial em determinado intervalo de tempo (CHATFIELD, 1980).

Se determinada série temporal é exatamente previsível, é chamada de determinística e, se não, é denominada estocástica. Nas séries estocásticas, as previsões não são determinadas de forma exata, o que induz à noção de que se comportam como uma distribuição de probabilidades, condicionada ao conhecimento dos valores passados (CHATFIELD, 1980).

Na visão de Morettin e Toloí (2006) e Chatfield (1980) a análise de uma série temporal admite as seguintes finalidades, representadas na Figura 5:

- Descrição da série: que inclui plotar os dados e obter as estatísticas descritivas da referida série;
- Explicação: onde se pode, através do uso de uma variável de determinada série, explicar seu comportamento em outra série;
- Previsão: onde se objetiva prever valores futuros de determinada série;
- Controle: quando se utiliza uma série temporal para controlar determinados processos industriais.

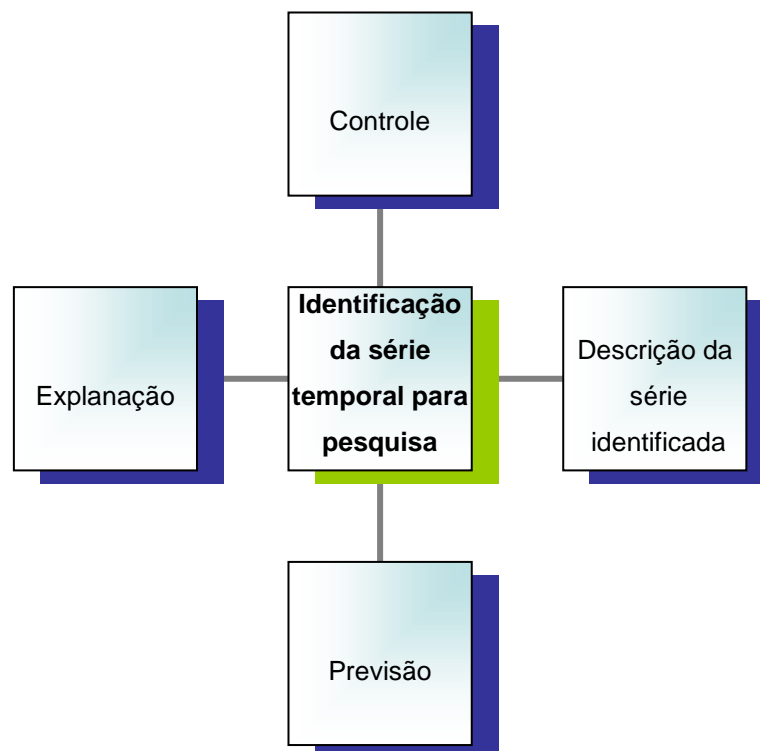


Figura 5 - Finalidades do estudo de uma série temporal  
Fontes: MORETTIN; TOLOI, 2006; CHATFIELD, 1980 (Adaptado)

Nessa pesquisa foram utilizados métodos quantitativos baseados em séries temporais para a previsão de demanda no setor de saúde.

#### 2.2.1.2 Método *NAÏVE*

Segundo Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998), a previsão através do Método *NAÏVE* - também conhecido como Método Ingênuo - é obtida com esforço e manipulação mínimos, pois é baseada somente na informação mais recente disponível. O método consiste em repetir, para o instante futuro, a demanda real do instante atual, seguindo a premissa básica de que a melhor estimativa para a previsão de demanda em  $t + 1$  é a demanda no período  $t$ .

Matematicamente:

$$P_{t+1} = D_t \quad (1)$$

onde:

$P_{t+1}$  = Previsão

$D_t$  = Demanda atual

Como exemplo de previsões *NAÏVE* pode-se citar o uso das vendas de hoje para prever as vendas de amanhã.

O método é rápido e fácil de usar, tendo baixo custo de implantação e facilidade de compreensão.

#### 2.2.1.3 Método da Média Móvel Aritmética Simples

Emprega-se o Método da Média Móvel Aritmética Simples para suavizar as variações randômicas e gerar estimativas de previsão de maior grau de confiabilidade (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2005).

Conceitualmente se considera a Média Móvel Aritmética Simples um processo de filtragem com característica de filtro “passa baixa”, onde as amplitudes das componentes de baixa frequência do sinal permanecem quase invariantes, enquanto as amplitudes das componentes de alta frequência são muito reduzidas (NOVAES et al., 2009).

Segundo Novaes et al. (2009), o método consiste em se contemplar um conjunto de “n” amostras, ou observações, do sinal original e se verificar o deslocamento do filtro sobre o sinal original com passo de uma amostra. No processo de filtragem se desconsidera a amostra mais antiga e, simultaneamente, se considera a amostra mais recente, mantendo o número de dados utilizados na ordem do filtro (“n”). De acordo com Chopra e Meindl (2003), isso significa que para calcular a nova média móvel adicionamos a mais recente observação e descartamos a mais antiga.

Matematicamente:

$$P_{t+1} = \sum D_t / n \quad (2)$$

onde:

t = instante de tempo atual;

$P_{t+1}$  = previsão para o instante seguinte de t;

$\sum D_t$  = somatório da demanda real considerada no instante t;

n = número de amostras utilizadas para o processo de filtragem.

A média móvel corresponde a conceder aos últimos “n” períodos um peso igual ao fazer a previsão. Ao aumentar-se “n”, a média móvel se torna menos responsiva à demanda mais recentemente observada (CHOPRA; MEINDL, 2003). Na visão de Corrêa, Gianesi e Caon (2001) quanto maior o grau de “n” maior será a suavização das variações randômicas e menor a sensibilidade do modelo a mudanças nas demandas atuais. A partir disto, infere-se que para séries temporais com demandas estáveis se usa um número de amostras “n” grande; em séries onde as flutuações da demanda são significativas emprega-se um número de amostras pequeno (NOVAES et al., 2008).

O Método da Média Móvel Aritmética Simples tem como vantagem a sua facilidade de implantação, embora mostre dificuldades quanto à escolha do número de amostras (“n”) a se adotar (BARBIERI; MACHLINE, 2006). Atualmente encontram-se facilidades na determinação do valor de “n” através da utilização de alguns *softwares* estatísticos voltados à previsão de demandas.

O método observado se mostra satisfatório quando a questão é a introdução de um modelo de previsão de demandas nas organizações, em função de sua simplicidade operacional e baixo custo de implantação (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2001). Suas

desvantagens residem em empregar-se um peso uniforme para as observações obtidas, o fato de reagir de forma lenta às mudanças no comportamento da série observada e de necessitar de séries de memória longa (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2005).

Novaes et al. (2009) utilizaram o método da média móvel aritmética simples em um sistema de imunização privado. Foram observadas as séries históricas da vacina PCV correspondentes ao período de janeiro de 2003 a outubro de 2008. O estudo concluiu que este método, em virtude de fornecer valores estimados e de acordo com sua formulação específica, pode ser utilizado como auxílio à tomada de decisão dos gestores da área de saúde. Além disto, observou que o método mostrou-se de fácil implantação já que pode ser utilizado em planilhas clássicas e reduz investimentos em *softwares* onerosos.

Werner, Lemos e Daudt (2006) estudaram modelos de previsão de demanda com o objetivo de apresentar uma metodologia de análise conjunta de previsão de demanda e níveis de estoque em uma empresa do setor siderúrgico. A organização apresentava como maior problema as oscilação entre situações de escassez e falta de produtos em estoque. Neste artigo, foi realizado um estudo comparativo da aplicação da média móvel e da suavização exponencial na empresa alvo, utilizando dados da demanda do período de setembro de 2000 a agosto de 2005. Por meio da pesquisa, chegou-se à conclusão de que naquele caso seria mais viável a implantação do método da média móvel, dado que este apresentou um menor erro de previsão.

#### 2.2.1.4 Método da Suavização Exponencial Simples

Dentre as técnicas de previsão de demanda de curto prazo, é provável que a técnica da suavização exponencial se destaque como sendo a melhor (BALLOU, 2006). De acordo com Corrêa e Corrêa (2006), trata-se de uma média ponderada de dados do passado, com peso de ponderação caindo exponencialmente, quanto mais antigos forem os dados, ou seja, as observações passadas não recebem peso igual.

Este método assume determinadas particularidades se comparado com as demais técnicas de curto prazo, como seu fácil entendimento pelos gestores, sua aplicação pouco dispendiosa, sua grande flexibilidade e a necessidade de se armazenarem somente os valores dos dados mais recentes, além de ser considerado de acurácia satisfatória entre os modelos concorrentes de sua classe (MORETTIN; TOLOI, 2006; BALLOU, 2006).

A equação da previsão é a seguinte:

$$P_{t+1} = \alpha D_t + (1-\alpha)P_t \quad (3)$$

onde:

$t$  = instante de tempo atual;

$P_{t+1}$  = previsão para o instante seguinte de  $t$ ;

$D_t$  = demanda no instante de tempo  $t$ ;

$P_t$  = previsão para o instante de tempo  $t$ ;

$\alpha$  = constante de ponderação exponencial, sendo  $0 < \alpha < 1$ .

Segundo Ballou (2006, p. 249), a expressão é simples, “envolvendo apenas a previsão do período mais recente e a demanda real para o período em andamento”.

Outra maneira de se expressar a equação é:

$$P_{t+1} = P_t + \alpha(D_t - P_t) \quad (4)$$

A equação ainda pode ser reescrita da seguinte forma:

$$P_{t+1} = \alpha D_t + \alpha(1-\alpha)D_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 D_{t-2} + \dots \quad (5)$$

Desta forma, fica evidente a ponderação caindo exponencialmente à medida que as observações se tornam mais antigas. Além disto, segundo Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998, p. 147), “(...) a nova previsão é simplesmente o somatório da previsão antiga com o ajuste para o erro ocorrido na última previsão”.

A escolha do valor adequado de  $\alpha$  exige alto grau de conhecimento. Quanto maior o valor de  $\alpha$ , maior peso é atribuído às demandas mais recentes e, desta forma, o modelo reage mais rapidamente às mudanças na série histórica. Por outro lado, quanto menor o valor de  $\alpha$ , maior é o peso atribuído à demanda histórica na previsão de demanda e, sendo assim, a previsão demora mais tempo para reagir às mudanças no nível da demanda (BALLOU, 2006). Em outras palavras, baixos valores de  $\alpha$  representam uma previsão mais estável e menos responsiva a observações recentes (CHOPRA; MEINDL, 2003). De acordo com Ballou (2006), normalmente  $\alpha$  varia entre 0,01 e 0,3.

Gonçalves et al. (2007) estudaram a utilização da suavização exponencial simples em cinco séries históricas de vacinas em um serviço de imunização privado a fim de trazer

métodos científicos utilizados na indústria (como as técnicas de previsão de demanda) para o setor de saúde, visando auxiliar os administradores nas políticas de ressuprimentos dos estoques de vacinas. O coeficiente de suavização exponencial escolhido foi aquele associado ao menor Erro Médio Percentual Absoluto ou *Mean Absolute Percentual Error* (MAPE). O estudo concluiu que o método de suavização exponencial, em virtude de fornecer valores estimados segundo formulação específica, pode ser utilizado como auxílio à tomada de decisão dos gestores da área de demandas de vacinas, incluindo a aquisição de suprimentos na área de saúde. O coeficiente de suavização exponencial situou-se entre 0,01 e 0,3, valores também relatados na literatura, o que enfatiza a aplicabilidade do modelo na organização em estudo. O artigo também mostrou que o método pode ser utilizado em planilha eletrônica clássica, não exigindo investimentos em *softwares* ou *hardwares*.

No mesmo estudo, os autores compararam a previsão feita com os coeficientes de suavização de 0,1 e 0,9. Na série obtida com o coeficiente de 0,9 observou-se o defasamento de uma amostra entre as séries real e prevista, devido ao procedimento de estimativa que considera os valores passados de demanda e previsão como base para estimativa da amostra atual (previsão). A comparação, através de inspeção visual, entre as séries de demanda real e prevista obtida para o coeficiente 0,1 não permitiu o estabelecimento trivial do defasamento de uma amostra, conforme o caso anterior, devido à tendência da estimativa para os valores médios da série quando utilizado menor valor no coeficiente (GONÇALVES et al., 2007).

#### 2.2.1.5 Método de Holt

Quando as mudanças de tendência e sazonalidade não são significantes, usa-se o método da suavização exponencial simples (BALLOU, 2006). Caso contrário, aplica-se o Modelo de Holt a séries não sazonais e com tendência linear e o Modelo de Holt-Winters a séries sazonais e com tendência, seja ela aditiva ou multiplicativa.

O Modelo de Holt é expresso por meio de um conjunto de equações apresentadas abaixo:

$$L_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)(L_t + T_t) \quad (6)$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta)T_t \quad (7)$$

$$P_{t+1} = L_{t+1} + T_{t+1} \quad (8)$$

onde:

$P_{t+1}$  = previsão com tendência corrigida para o período  $t+1$ ;

$L_t$  = componente de nível em  $t$ ;

$D_t$  = demanda no instante de tempo  $t$ ;

$T_t$  = tendência para o período  $t$ ;

$\beta$  = constante ponderada da tendência, sendo  $0 < \beta < 1$ .

As equações (6) e (7) fazem uma estimativa do nível e da tendência da série temporal, respectivamente. Já a equação (8), calcula a previsão da demanda para o período seguinte a  $t$ .

#### 2.2.1.6 Método de Holt-Winters

Além da tendência, os efeitos das flutuações sazonais nas séries temporais podem também ser levados em consideração (BALLOU, 2006). De acordo com Pellegrini e Fogliatto (2001), dados de demanda sazonal caracterizam-se pela ocorrência de padrões cíclicos de variação, que se repetem em intervalos relativamente constantes de tempo. Percebe-se este comportamento da demanda em indústrias de sorvete, refrigerante e bronzeador solar, por exemplo.

Segundo Pellegrini (2000), os modelos de Winters dividem-se em dois grupos:

- Holt-Winters aditivo: a amplitude da variação sazonal é constante ao longo tempo; ou seja, a diferença entre o maior e o menor valor de demanda dentro das estações permanece relativamente constante no tempo, como exposto na Figura 6.



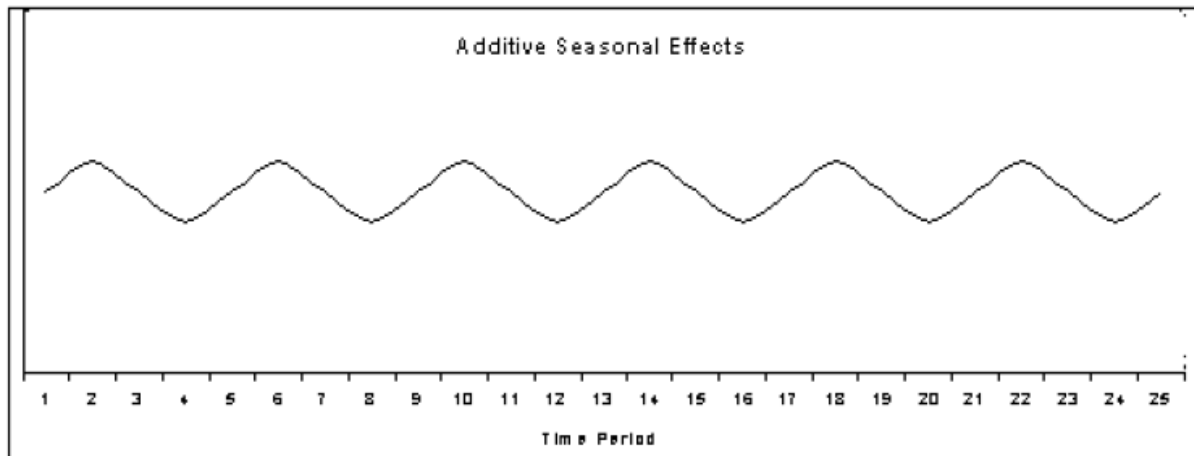


Figura 6 - Modelo aditivo de Holt-Winters  
Fonte: Ragsdale (2004)

- Holt-Winters multiplicativo: a amplitude da variação sazonal aumenta ou diminui como função do tempo. O modelo multiplicativo de Winters é utilizado na modelagem de dados sazonais onde a amplitude do ciclo sazonal varia com o passar do tempo, conforme consta na Figura 7.

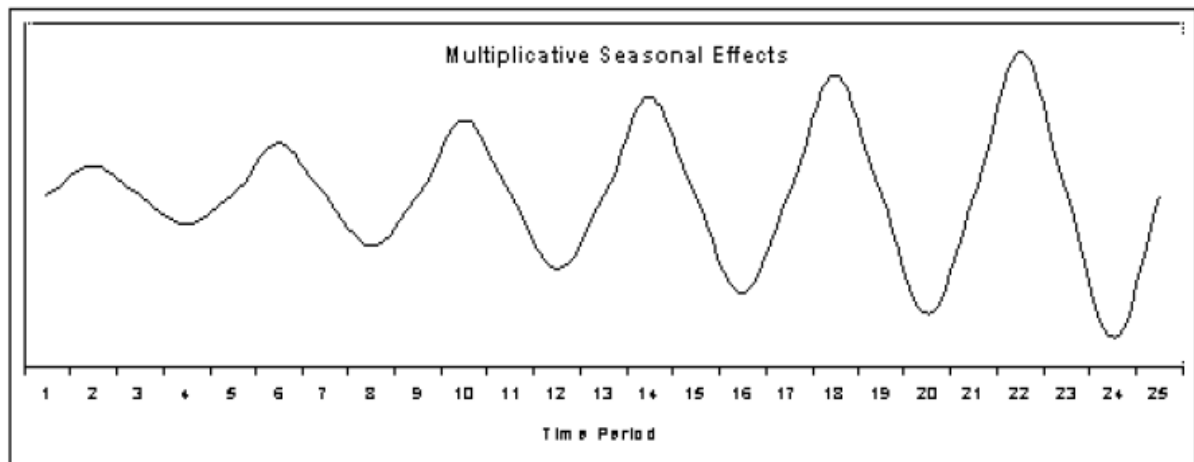


Figura 7 - Modelo multiplicativo de Holt-Winters  
Fonte: Ragsdale (2004)

As equações do modelo aditivo são:

$$L_t = \alpha(D_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (9)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (10)$$

$$S_t = \gamma(D_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (11)$$

$$P_{t+m} = L_t + T_{t-m} + S_{t-s+m} \quad (12)$$

As equações do modelo multiplicativo são:

$$L_t = \alpha(D_t / S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (13)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (14)$$

$$S_t = \gamma(D_t / L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (15)$$

$$P_{t+m} = (L_t + T_{t-m})S_{t-s+m} \quad (16)$$

onde:

$P_{t+m}$  = previsão para o período m;

$L_t$  = componente de nível em t;

$D_t$  = demanda no instante de tempo t;

$T_t$  = tendência para o período t;

$S_t$  = componente da sazonalidade em t;

s = período sazonal;

$\gamma$  = constante ponderada do índice sazonal, sendo  $0 < \gamma < 1$ .

Pellegrini e Fogliatto (2001) utilizaram métodos de previsão quantitativos no setor alimentício visando apoiar as tomadas de decisões gerenciais. A empresa em estudo apresentava problemas de excesso de estoque de alguns produtos, ocorrência freqüente de escassez de outros, além de rupturas no estoque de matérias-primas. As previsões de demanda baseavam-se exclusivamente na opinião da equipe de vendas. Deste modo, a implementação de um sistema de previsão de demandas baseado em técnicas quantitativas teve como principal objetivo aumentar a acurácia das previsões, possibilitando um melhor planejamento da produção. Os autores desenvolveram uma metodologia para implantação de modelos de previsão que se baseia nos seguintes passos: (1) definição do problema; (2) coleta de informações; (3) seleção de um pacote computacional; (4) análise preliminar dos dados; (5) escolha e validação dos modelos; e (6) verificação dos sistemas.

Neste mesmo estudo, os 55 produtos presentes na organização foram organizados em 15 famílias de produtos. A estas famílias foi aplicada a classificação ABC para priorização

dos dados. Para os produtos classe A foi feita uma previsão de demanda individual, sendo que estes produtos foram estratificados quanto ao tipo de cliente. As previsões de demanda para os produtos da classe B foram feitas individualmente, sem estratificação. Já os produtos da classe C foram agrupados em uma única série temporal, sendo a previsão do tipo agregada e sem estratificação (PELLEGRINI; FOGLIATTO, 2001).

Pellegrini e Fogliatto (2001) utilizaram dados históricos da demanda de 124 semanas. A fim de ilustrar a etapa da escolha do modelo de previsão, foi apresentada a modelagem da série temporal “Família 1”, sem estratificações, depois de eliminados os valores espúrios ou atípicos. O modelo que melhor descreve a série é o multiplicativo de Holt-Winters. O processo de manutenção do modelo envolve a inclusão de novos dados de demanda após cada período semanal. Assim, nesta etapa foi feita a validação dos modelos matemáticos e seus respectivos parâmetros, comparando-se os valores previstos com os que efetivamente vieram a ocorrer. Este estudo expôs as dificuldades de modelagem de dados reais, em vista da aleatoriedade encontrada em muitas das séries temporais. Quanto às naturais resistências à aplicação das técnicas de previsão quantitativas, observou-se que as mesmas são eliminadas à medida que os resultados das previsões são comparados com as demandas reais. Uma vez compreendendo a aplicabilidade da ferramenta proposta, o corpo técnico da empresa tende a identificar benefícios, passando a cooperar na implantação do sistema.

Silva et al. (2008) também empregaram o método de Holt-Winters com sucesso em uma companhia de água mineral. O objetivo do estudo foi analisar técnicas de previsão de demanda capazes de auxiliar na tomada de decisão dos gestores da empresa alvo. Neste caso, utilizaram-se 48 observações para comparação do Holt-Winters multiplicativo com o aditivo, sendo selecionado o modelo multiplicativo por este apresentar menor erro de previsão para aquela série em estudo.

#### 2.2.1.7 Regressão Linear Simples

Segundo Neufeld (2003), a regressão linear simples analisa a relação entre duas variáveis. Os dados apropriados para este método consistem em observações, cada uma delas com duas medidas diferentes. Tem-se uma variável independente (variável  $x$ ) e uma dependente (variável  $y$ ), sendo que a primeira causa mudanças na segunda.

Qualquer equação de uma reta pode ser escrita da seguinte maneira:

$$y = b_0 + x \cdot b_1 \quad (17)$$

onde:

$b_0$  = intercepto;

$b_1$  = declividade.

Como a equação fornece uma relação entre as variáveis  $x$  e  $y$  que, quando plotada, resulta em uma linha reta, ela é chamada de linear. A regressão linear simples calcula os valores de  $b_0$  (intercepto) e  $b_1$  (declividade) que melhor se ajustam aos dados (NEUFELD, 2003).

Segundo Moreira Filho (2003), as principais análises a respeito dos parâmetros que devem ser feitas são:

- $R^2$ : valor entre 0 e 1 que é o cálculo da divisão entre a variância explicada e a variação total (o  $R^2$  nos fornece a porcentagem de explicação da regressão), ou seja:

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad \text{sendo} \quad \begin{cases} y_i = \text{real valor de } y \\ \hat{y}_i = \text{valor observado de } y \\ \bar{y} = \text{média de } y \end{cases} \quad (18)$$

Quanto mais o resultado se aproximar de 1, melhor é a regressão, pois a variância explicada tenderá a ficar igual à variância total, restando pouco para a variância não explicada (que é a diferença entre variância total e variância explicada).

- $R^2$  ajustado ( $\bar{r}^2$ ): o coeficiente de determinação ajustado. Tenta compensar o aumento natural da explicação  $r^2$  ao aumentar o número de variáveis independentes, sendo calculado da seguinte maneira:

$$\bar{r}^2 = r^2 - \frac{k}{n - k - 1} \cdot (1 - r^2) \quad (19)$$

Onde  $n$  é o número de observações e  $k$  é o número de variáveis independentes.

- F de significação: testa o modelo em conjunto e o valor encontrado para essa coluna refere-se ao nível de significância para rejeitarmos a hipótese de que todos os parâmetros possuem conjuntamente o valor zero. O esperado é que essa estatística tenha valor máximo de 0,05.

O significado de termos um valor abaixo de 0,05 para o F de significação indica que podemos rejeitar a hipótese de nulidade dos coeficientes em conjunto com uma confiabilidade superior a 95% (quanto menor o valor mais próximo de 100% de confiabilidade).

- Coeficientes: os valores pertencentes a essa coluna indicam os coeficientes de cada variável independente. Antes da análise deste valor é preciso realizar um teste de sinais para verificar a consistência da informação obtida. Como exemplo, se for realizada uma regressão e a variável dependente for “quantidade vendida de um produto” a variável independente “preço” não pode ter seu coeficiente positivo, sugerindo que um maior preço aumente as vendas. Caso haja inconsistência de sinal na regressão o método de coleta desta variável deve ser revisto.
- Erro padrão: o coeficiente informado na coluna anterior é uma informação pontual e é necessário inferir sobre o erro desta estimação. É conveniente que o erro padrão (sempre positivo) seja inferior a metade do módulo do valor do coeficiente para que possamos aceitar a importância da variável independente na modelagem.
- Stat t: refere-se ao quociente entre o coeficiente e o erro padrão. Quanto menor o erro padrão maior a stat t.
- P-valor: é a consulta da stat t na tabela da distribuição t. Caso o valor desta estatística seja menor do 0,05 (como o F de significação) poderemos rejeitar a hipótese de nulidade individual do coeficiente e assegurar a importância deste na modelagem da variável dependente. Se o valor obtido for menor do que 0,05, teremos no intervalo de confiança gerado para esse coeficiente a ausência do valor nulo.

Chopra e Meindl (2003) definem um modelo estático utilizando a regressão linear simples, supondo que as estimativas de nível, tendência e sazonalidade não variam conforme uma nova demanda é observada. Neste caso, estima-se cada um destes parâmetros com base nos dados históricos e então utiliza-se os mesmo valores para as previsões futuras.

A previsão no período  $t$  para a demanda no período  $t+1$  é:

$$P_t = [L + t*T]*S_t \quad (20)$$

onde:

$P_t$  = previsão para o período  $t$ ;

$T$  = estimativa da tendência;

$L$  = estimativa de nível para o período 0;

$S_t$  = estimativa de fator de sazonalidade para o período  $t$ .

Antes de estimar os parâmetros de nível e tendência, deve-se dessazonalizar os dados de demanda, representando assim a demanda que seria observada na ausência da sazonalidade. A periodicidade  $p$  é o número de períodos em que o ciclo de sazonalidade se repete (CHOPRA; MEINDL, 2003).

[...] não é aconselhável executar uma regressão linear entre os dados da demanda original e o tempo para estimar nível e tendência porque os dados da demanda original não são lineares e a regressão linear resultante não será precisa. A demanda deve ser dessazonalizada antes de executarmos a regressão linear (CHOPRA; MEINDL, 2003, p. 79).

Segundo Chopra e Meindl (2003) para garantir que toda estação receba o mesmo peso no momento de dessazonalização da demanda, tira-se a média dos períodos consecutivos da demanda  $p$  segundo as fórmulas:

$$\bar{D}_t = \frac{\left( D_{t-p/2} + D_{t+p/2} + \sum_{i=t+1-p/2}^{t-1+p/2} (2 * D_i) \right)}{2 * p} \quad \text{para } p \text{ par} \quad (21)$$

$$\bar{D}_t = \frac{\left( \sum_{i=t-p/2}^{t+p/2} (D_i) \right)}{p} \quad \text{para } p \text{ ímpar} \quad (22)$$

onde:

$\bar{D}_t$  = demanda dessazonalizada.

A demanda dessazonalizada pode crescer ou declinar em uma taxa constante. Desta forma, existe uma relação linear entre a demanda dessazonalizada e o tempo (CHOPRA; MEINDL, 2003). Para estimar valores de nível (L) e tendência (T) para a demanda dessazonalizada, utiliza-se a regressão linear. O nível inicial (L) é o intercepto e a tendência (T) é o declive. Sendo assim:

$$\hat{D}_t = L + t*T \quad (23)$$

onde:

$\hat{D}_t$  = demanda dessazonalizada após regressão linear.

Segundo Chopra e Meindl (2003), definidos os valores de nível e tendência, deve-se estimar os fatores de sazonalidade. O fator de sazonalidade  $\bar{S}_t$  para o período t é a proporção da demanda real  $D_t$  para a demanda dessazonalizada  $\hat{D}_t$ , sendo demonstrado pela fórmula:

$$\bar{S}_t = \frac{D_t}{\hat{D}_t} \quad (24)$$

Dada a periodicidade  $p$ , obtém-se o fator de sazonalidade para um determinado período através da média dos fatores de sazonalidade correspondente a períodos similares, determinando-se  $S_t$  com t variando de 1 até  $p$ . Utilizando-se a equação 20 pode-se obter a previsão para os próximos períodos (CHOPRA; MEINDL, 2003). Esta fórmula multiplica o resultado da regressão linear pelo fator de sazonalidade para cada período. Sendo assim, a sazonalidade é devolvida à série prevista.

### 2.2.2 *Softwate* para previsão de demanda

Segundo Mentzer e Gomes (1989), os métodos quantitativos são geralmente implementados por meio da utilização de *softwares*. Na seleção do *software*, deve-se considerar se o mesmo satisfaz as necessidades do processo de previsão, o seu custo e o nível de suporte de manutenção requerido.

Nessa pesquisa se empregou o *software Forecast Pro for Windows*®, *Version 3.50 Extended Edition*, e o *Excel*® para a previsão de demanda na série observada.

O *software Forecast Pro for Windows*© é um *software* estatístico utilizado para a previsão de séries temporais. Esta ferramenta é importante na modelagem em função de funcionar sob diferentes versões do *Windows*©, exigir poucos recursos de *hardware* e permitir a entrada de dados em formato *Excel*©. Permite ainda a identificação automática de modelos.

### 2.2.3 Critérios para validação de métodos de previsão

O método de previsão deve oferecer um modelo preditivo que represente o mais próximo possível a situação em estudo. A metodologia de seleção visa escolher o método que gere o menor erro de previsão (LEMOS, 2006).

Em relação aos erros de previsão, Ballou (2006) cita que devido ao fato de que o futuro não é espelhado perfeitamente pelo passado, a previsão da demanda futura conterà erros em algum nível. O erro de previsão é definido como a diferença entre a demanda real e a demanda prevista, expresso estatisticamente como desvio-padrão, variância ou desvio médio absoluto.

O valor preditivo dos diferentes métodos de previsão de demandas vincula-se a critérios estatísticos que indicam qual o método de previsão apresenta maior aderência para a série histórica sob pesquisa. Nos processos de previsão de demandas se usa o monitoramento do erro para se regularizar a técnica de previsão de uso corrente. Quanto menor o erro de previsão, melhor é o modelo empregado (GONÇALVES et al., 2007).

*Softwares* de previsão de demandas convencionalmente incorporam em sua estrutura critérios estatísticos para validação dos modelos usados. Nessa pesquisa o *software* utilizado - *Forecast Pro for Windows*©, *Version 3.50 Extended Edition* - emprega diversos critérios de validação; dentre estes serão observados o Erro médio percentual absoluto (MAPE) e Desvio médio absoluto (MAD).

Segundo Pellegrini (2000), dados subjetivos oriundos de julgamento e perícia de especialistas podem ser empregados na avaliação da qualidade dos dados a serem utilizados no sistema e na validação das previsões geradas.



### 2.2.3.1 Erro médio percentual absoluto (MAPE)

Nesta pesquisa será utilizado o Erro Médio Percentual Absoluto ou *Mean Absolute Percentual Error* (MAPE), por se tratar de método de uso freqüente nas instituições que se baseiam em critérios estatísticos para a avaliação e acompanhamento de modelos (KAHN, 1998).

Obtém-se o MAPE segundo a equação:

$$\text{MAPE} = \left( \sum |D_t - P_t| / D_t \right) / n \quad (25)$$

onde

$D_t$  = demanda real no período  $t$ ;

$P_t$  = previsão do período  $t$ ;

$n$  = número de períodos considerados na previsão.

Através da equação percebe-se que quanto menores os valores do MAPE, maior a capacidade de precisão do modelo utilizado.

### 2.2.3.2 Desvio médio absoluto (MAD)

De acordo com Levine et al. (1997), não existe consenso entre os pesquisadores em relação a qual seria a melhor medida para se determinar o modelo de previsão mais apropriado, mas existe uma grande parte que prefere o Desvio Médio Absoluto (MAD).

Moreira (2001) afirma que os valores do MAD indicam a hierarquia das previsões, sendo que quanto menor o valor do MAD apresentado por um método de previsão, melhor será sua precisão. O MAD, então, pode ser usado como critério para se fazer escolha entre métodos.

O MAD é usado para medir a precisão pós-fato ocorrido de modelos de previsão de curto e de longo prazo. Se o MAD é pequeno, os dados atuais seguem de perto as previsões das variáveis dependentes e o modelo de previsão é preciso (BACCI, 2007).

O MAD é obtido a partir da equação:

$$\text{MAD} = \left( \sum |D_t - P_t| \right) / n \quad (26)$$

onde:

$D_t$  = demanda real no período  $t$ ;

$P_t$  = previsão do período  $t$ ;

$n$  = número de períodos considerados na previsão.

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO PROTOCOLO DE PESQUISA

Quanto à definição do problema observado, verifica-se a necessidade de se realizar a previsão de demanda nos produtos da empresa em análise porque os mesmos são de alto valor unitário e alta perecibilidade. Além disto, tendo-se conhecimento antecipado da quantidade que será adquirida pode-se obter maior poder de barganha com os fornecedores e evitar compras de urgência a preços mais altos, situação observada na empresa. Previsões de demanda auxiliam a gestão de estoques e permitem vantagens competitivas para as organizações que a utilizam.

A coleta de dados ocorreu através de consultas nos dados de arquivo, sendo eles coletados em planilhas eletrônicas e livros de registro da empresa. Com base nisto foi feito um banco de dados posteriormente utilizado para fazer a classificação ABC e as previsões de demanda. Outra forma de obtenção de informações foi através de entrevistas com os gestores da organização, que ocorreram de forma estruturada. Estas se fizeram necessárias para compreender melhor o comportamento da demanda do produto analisado, além de certas peculiaridades do funcionamento da organização. O período de coleta de dados ocorreu de abril a setembro de 2010, sendo que os dados coletados referem-se ao período de janeiro de 2005 a março de 2010. Durante a coleta dos dados verificou-se que as observações das demandas dos medicamentos somente começaram a ser registradas em abril de 2009. Apenas os medicamentos de uso controlados tiveram suas demandas registradas por um período superior a cinco anos. Isto limitou a escolha do produto a ser analisado.

Para escolha do produto a ser estudado foi feita a priorização dos medicamentos abrigados na farmácia pelo uso da classificação ABC utilizando o *software Excel*®. Foi objeto de estudo um produto da classe A, uma vez que esta é responsável pela maior parte do valor monetário presente no estoque. Como é necessário que o produto tenha registros de sua demanda, foi estudado o medicamento Propofol dado que ele é um anestésico de uso controlado e tem as saídas e entradas do estoque registradas em livros de controle da organização.

Com base nos dados coletados foi elaborado e analisado um gráfico da série histórica do produto em estudo. Para a realização da previsão de demanda foram aplicados os métodos *NAÏVE*, Média Móvel Aritmética Simples, Suavização Exponencial e Regressão Linear

Simplex utilizando os softwares *Excel*® e *Forecast Pro for Windows*®. O modelo de melhor acurácia foi verificado através da análise dos valores do MAPE e MAD obtidos com a aplicação de cada um dos modelos de previsão analisados.

### 3.2 DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISE

O estudo foi realizado na farmácia hospitalar de um hospital cirúrgico localizado na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. O nome da organização não pode ser divulgado uma vez que esta pesquisa expõe dados estratégicos da mesma.

A empresa em análise foi fundada em 1987 e atualmente conta com 27 colaboradores, sendo que destes, oito são médicos. Dois funcionários trabalham na farmácia hospitalar, sendo um destes bioquímico, o qual é responsável pelo setor. A infra-estrutura do hospital envolve cinco leitos, quatro consultórios médicos, dois centros cirúrgicos, quarto para médico plantonista, farmácia, central de material esterilizado e refeitório. A farmácia hospitalar, objeto do presente estudo, abriga o estoque de medicamentos destinados aos pacientes sob responsabilidade do hospital no qual se encontra inserida.

O público alvo da empresa é bastante amplo, envolvendo homens e mulheres de todas as faixas etárias. Porém, são as mulheres que mais utilizam os serviços oferecidos por este hospital cirúrgico.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 RESULTADOS ALCANÇADOS

#### 4.1.1 Priorização dos produtos

Para a escolha do produto a ser estudado foi realizada a classificação ABC com todos os medicamentos abrigados na farmácia hospitalar, sendo os dados correspondentes ao período de abril de 2009 a março de 2010. Com esta finalidade, foi utilizada a metodologia sugerida por Ballou (2006). Foi objeto de estudo um produto pertencente à classe A.

Dos 188 itens abrigados no estoque (materiais e medicamentos destinados ao cuidado com o paciente), 89 eram medicamentos. Com estes medicamentos foi feita a classificação ABC com base no valor monetário de cada item no estoque (produto da demanda anual pelo preço médio unitário) e na quantidade de itens abrigados do estoque. Obteve-se o resultado exposto na Tabela 1 e na Figura 8:

Tabela 1 – Classificação ABC dos medicamentos da farmácia hospitalar

Classe	Número de itens	% dos itens	Valor (R\$)	% do valor total
A	9	10,11%	74.886,80	69,31%
B	17	19,10%	25.788,63	23,87%
C	63	70,79%	7.365,38	6,82%

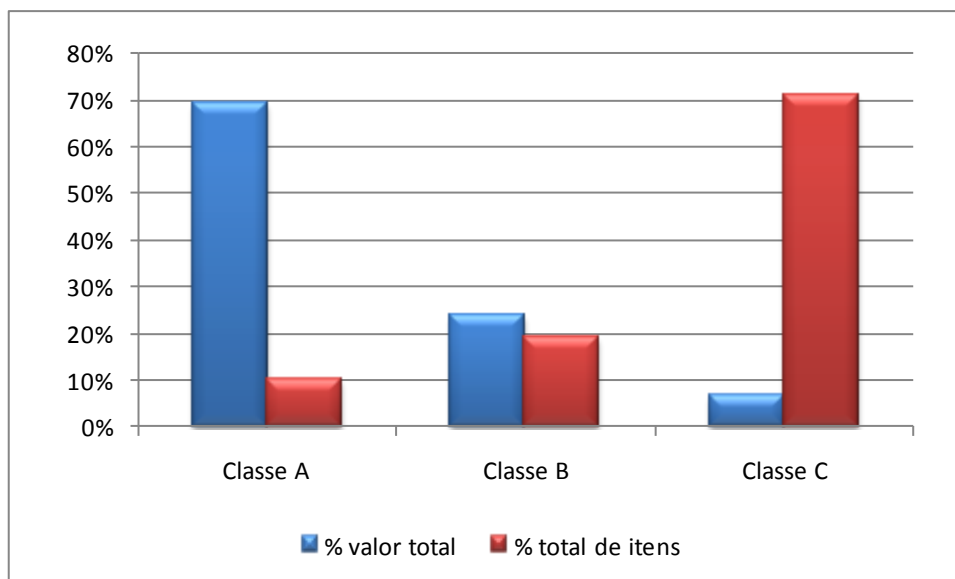


Figura 8 – Gráfico da Classificação ABC dos produtos da farmácia hospitalar

O produto escolhido para estudo de previsão de demanda foi o Propofol, medicamento anestésico pertencente à classe A. A escolha deste produto se deu pela disponibilidade de dados, pois, sendo este um medicamento de uso controlado, a empresa mantém um controle rígido das suas entradas e saídas do estoque.

#### 4.1.2 Aplicação dos métodos de previsão de demanda

Através da coleta de dados de livros de registros de saídas e entradas de medicamentos do estoque da organização, obteve-se a série temporal do medicamento Propofol, compreendendo dados de demandas mensais de janeiro de 2005 a março de 2010, totalizando 63 observações, como se mostra na Figura 9.

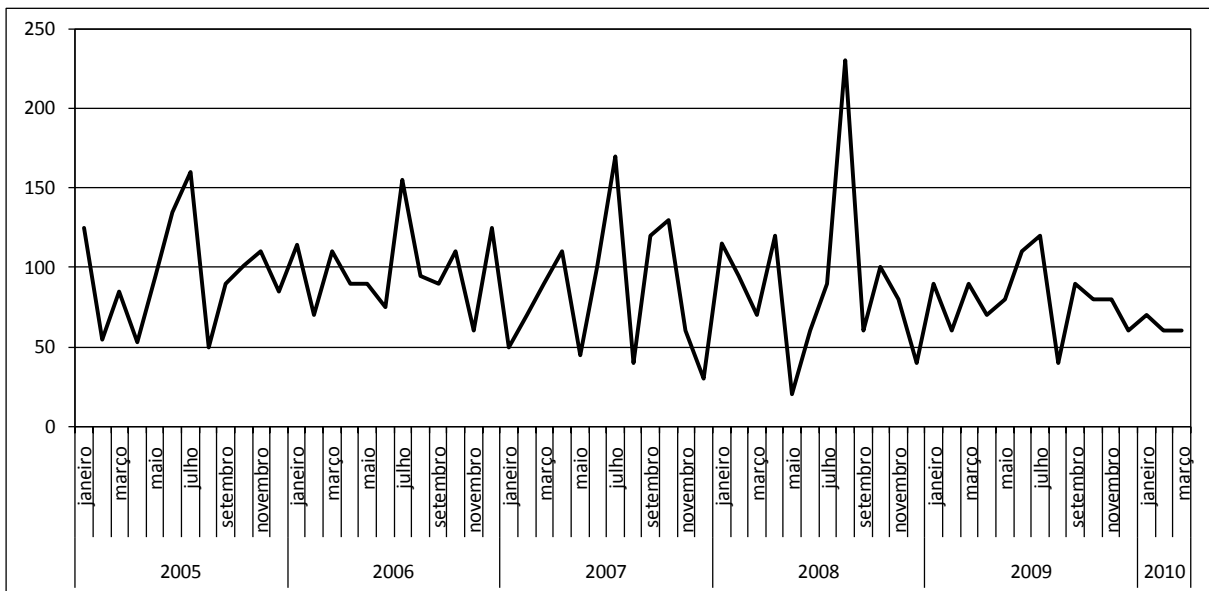


Figura 9 – Gráfico da demanda do medicamento Propofol

Através da análise da Figura 9 percebe-se aleatoriedade nos dados da demanda do produto Propofol. Observa-se que a demanda tem alta nos meses de julho (com exceção do ano de 2008, quando o aumento ocorreu em agosto). Este fato foi justificado pelos gestores da organização devido à preferência por parte dos clientes em fazer cirurgias de caráter não emergencial nas férias de inverno.

Para o emprego dos métodos *NAÏVE*, Média Móvel e Suavização Exponencial foi utilizado o *software Forecast Pro for Windows*®, enquanto que a previsão com o método da Regressão Linear Simples foi feita com auxílio do *software Excel*®.

#### 4.1.2.1 Aplicação do método *NAÏVE*

O primeiro método analisado foi o método *NAÏVE* com a utilização do *Forecast Pro for Windows*®. Os resultados estão apresentados na Figura 10 e no Tabela 2.

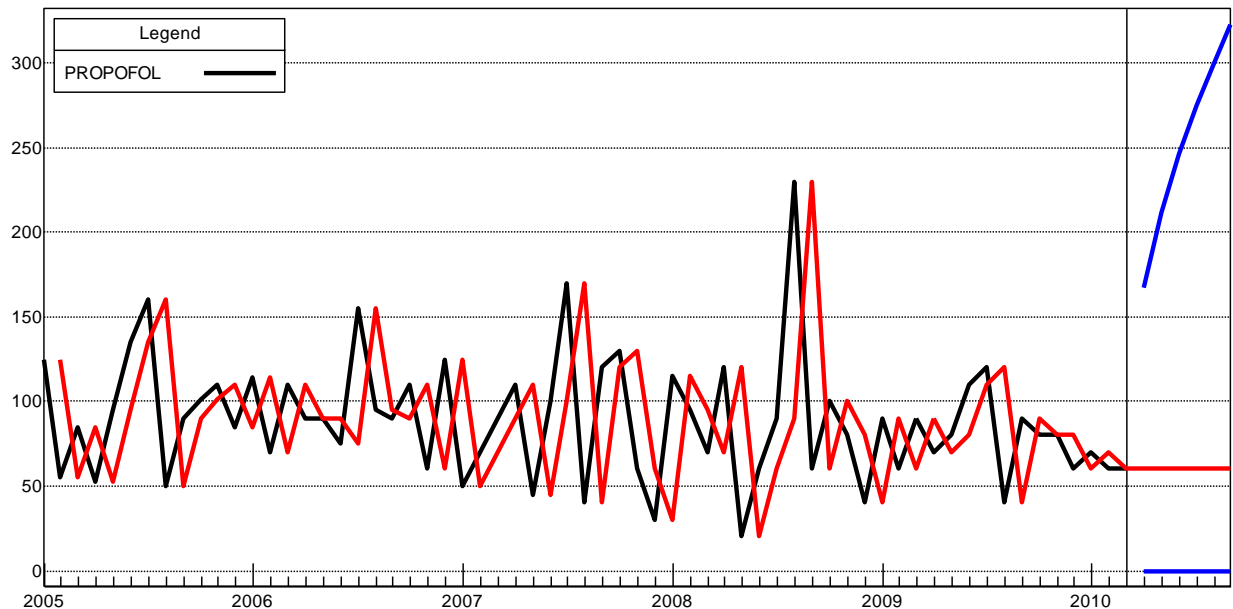


Figura 10 - Série de demanda mensal (em preto) e da demanda prevista (em vermelho) do medicamento Propofol com a utilização do método *NAÏVE*

Tabela 2 – Valores dos critérios de validação obtidos com o método *NAÏVE*

<b>Crítérios</b>	<b>Valores</b>
MAPE	63,03%
MAD	41,7

Através da análise da Figura 10 percebe-se que as previsões do método *NAÏVE* repetem a série original, porém com defasagem de um período.

#### 4.1.2.2 Aplicação do método da Média Móvel Aritmética Simples

Os resultados obtidos com a previsão realizada pelo método da Média Móvel Aritmética Simples estão expostos na Figura 11 e Tabela 3.

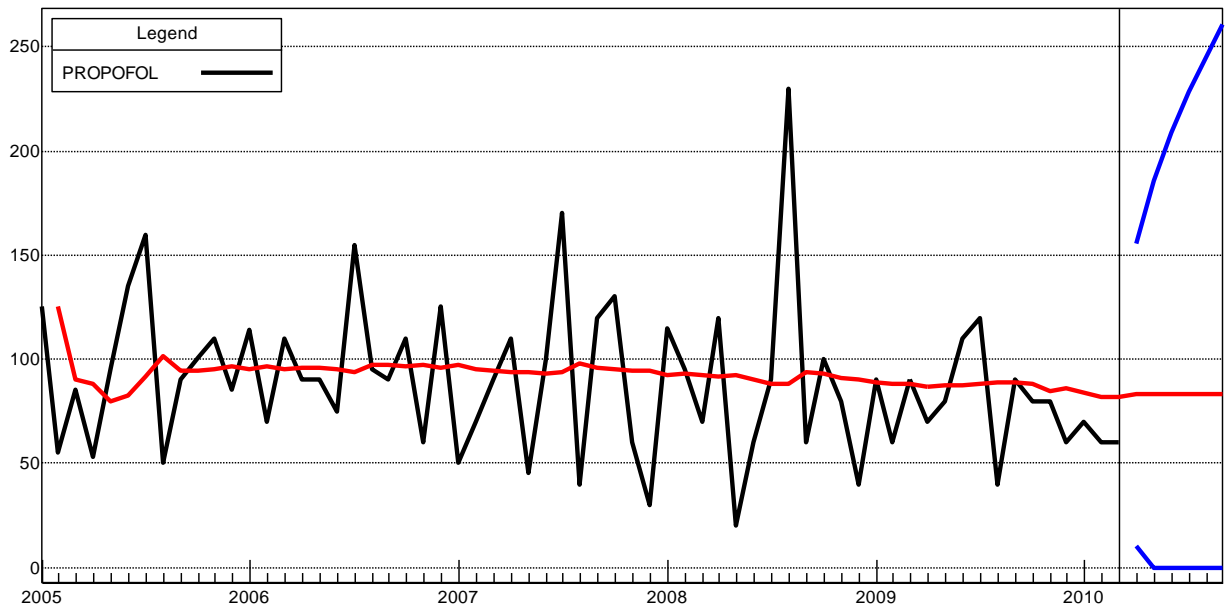


Figura 11 - Série de demanda mensal (em preto) e da demanda prevista (em vermelho) do medicamento Propofol com a utilização do método da Média Móvel Aritmética Simples

Tabela 3– Valores dos critérios de validação obtidos com o método da Média Móvel Aritmética Simples

<b>Crítérios</b>	<b>Valores</b>
MAPE	41,7%
MAD	26,94

A melhor janela (valor de “n”) apontada pelo *Forecast Pro for Windows*© para se fazer as previsões com esta série foi de 27 observações. Como este valor é alto em relação ao número total de observações (63 dados mensais), observa-se que as previsões feitas sempre ficam próximas da média. Além disto, percebe-se que as previsões são pouco responsivas ao último valor observado.

#### 4.1.2.3 Aplicação do método da Suavização Exponencial

Para a suavização exponencial, o melhor método apontado pelo *Forecast Pro for Windows*© foi o Holt-Winters multiplicativo. Os valores das constantes obtidos foram:  $\alpha = 0,02576$ ;  $\beta = 0$ ;  $\gamma = 0,11786$ . Os resultados são mostrados na Figura12 e Tabela 4.



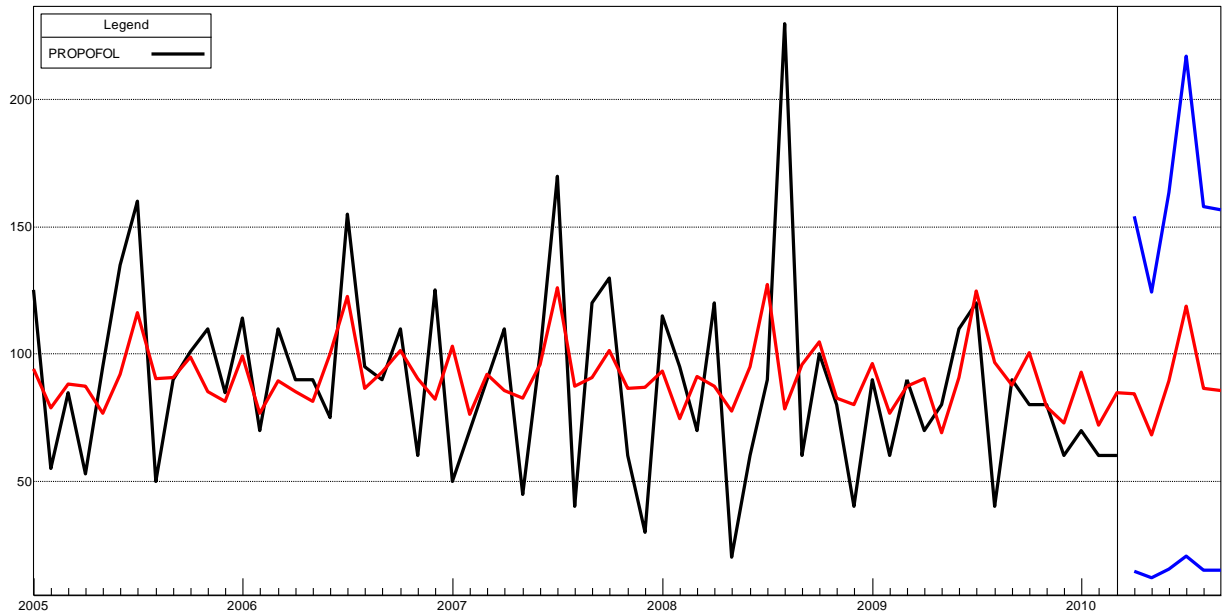


Figura 12 - Série de demanda mensal (em preto) e da demanda prevista (em vermelho) do medicamento Propofol com a utilização do método da Suavização Exponencial

Tabela 4 – Valores dos critérios de validação obtidos com o método da Suavização Exponencial

<b>Crítérios</b>	<b>Valores</b>
MAPE	36,54%
MAD	24,29

Como o valor da constante ponderada da tendência  $\beta$  indicado pelo *software* foi zero, é possível concluir, em uma primeira análise, que a série em estudo não tem tendência de crescimento ou decrescimento.

O pequeno valor da constante de ponderação exponencial ( $\alpha = 0,02576$ ) significa que é atribuído um maior peso à demanda histórica do que à demanda mais recente ao se realizar a previsão e, sendo assim, a previsão demora mais tempo para reagir à mudanças no nível da demanda.

Uma vez que a constante ponderada do índice sazonal  $\gamma$  encontrado foi diferente de zero, existe sazonalidade na série observada.

#### 4.1.2.4 Aplicação do método da Regressão Linear Simples

Para a utilização do método da Regressão Linear Simples, foi utilizada a metodologia sugerida por Chopra e Meindl (2003) explicada no Capítulo 2 através do *software Excel*®. A periodicidade  $p$  foi testada com os valores 4, 6 e 12 para verificar aquele que melhor se aplica à série (Tabela 5).

Tabela 5- Parâmetros da Regressão Linear Simples utilizando  $p = 0, 4, 6$  e  $12$ 

Periodicidade	<i>R-square</i>	Stat t	Valor-p	F de significação
Sem periodicidade	0,037066	-1,53234	0,130609	0,130609
4	0,224889	-4,06667	0,000148	0,000148
6	0,418461	-6,291	5,43E-08	5,43E-08
12	0,788268	-13,5065	3,85E-18	3,85283E-18

A análise dos parâmetros apresentados na Tabela 5 permite concluir que a periodicidade que melhor se aplica à série é  $p = 12$  períodos. Esta periodicidade resulta em uma melhor regressão linear uma vez que apresenta valor do *R-square* mais próximo de 1 e maior valor da Stat t, além de mostrar menores valores para o Valor-p e o F de significação, sendo estes dois parâmetros menores do que 0,05. O valor obtido para a Stat t foi maior do que dois, indicando que o erro padrão é inferior à metade do módulo do valor do coeficiente de declividade.

Cabe ressaltar que o valor do F de significação apresenta-se igual ao Valor-p porque, sendo este um caso de regressão linear simples, estuda-se a relação entre apenas duas variáveis.

O modelo da Regressão Linear Simples com dessazonalização da demanda proposto por Chopra e Meindl (2003) foi aplicado às três periodicidades estudadas. Porém, tendo-se conhecimento de que a periodicidade que resulta em um maior *R-square* é a de 12 períodos, neste estudo serão apresentados apenas os resultados referentes a este ciclo sazonal. Primeiramente obteve-se a demanda dessazonalizada como consta na Figura 13 a seguir.

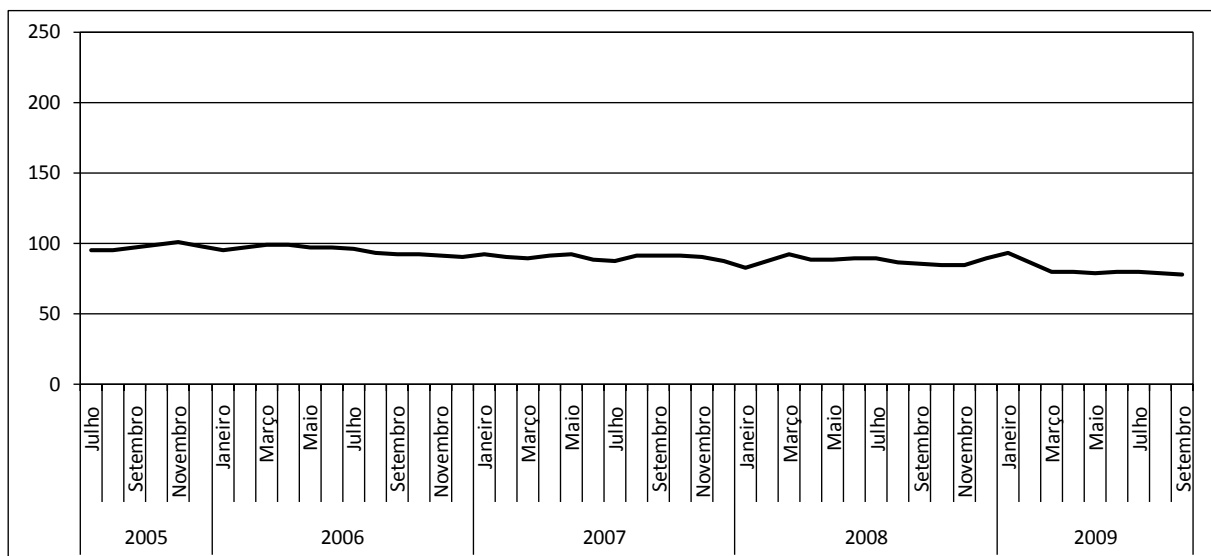


Figura 13 – Gráfico da demanda dessazonalizada do medicamento Propofol para aplicação do método da Regressão Linear Simples

A série dessazonalizada obtida teve menos observações do que a série da demanda real. Isto ocorreu porque são necessários 13 períodos para obter uma demanda dessazonalizada, sendo que devem ser utilizados 6 períodos anteriores e 6 períodos posteriores ao período observado. Como a série real contém 63 observações, obteve-se a demanda dessazonalizada para os períodos entre julho de 2005 (7º observação) e setembro de 2009 (57º observação). Desta forma, obteve-se uma série da demanda dessazonalizada com 51 observações.

Aplicando-se a Regressão Linear Simples na série da demanda dessazonalizada, foi obtido o coeficiente do intercepto igual a 101,4025 e o coeficiente de declividade igual a -0,35464. A reta obtida está expressa na Equação 27 e representada na Figura 14:

$$y = 101,4025 - 0,35464 * x \quad (27)$$

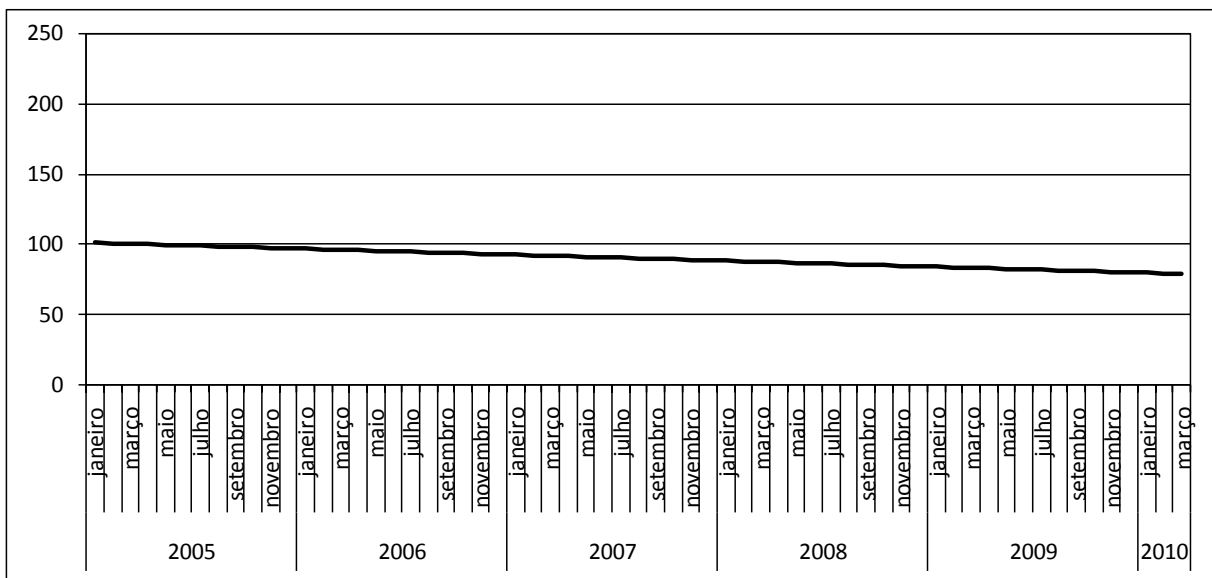


Figura 14 – Gráfico da reta da demanda dessazonalizada do medicamento Propofol obtida pelo do método da Regressão Linear Simples

Sendo o coeficiente de declividade negativo, a série da demanda dessazonalizada tem tendência de decréscimo. Isto fica evidente quando se analisa a Figura 14.

Para realizar as previsões de demanda é necessário voltar com a sazonalidade para a série em estudo. Com este intuito, calculam-se os fatores de sazonalidade para os 12 períodos do ciclo sazonal e multiplicam-se os valores obtidos na reta da demanda dessazonalizada pelos respectivos fatores de sazonalidade. Desta forma, obteve-se a série prevista para o produto Propofol, sendo ela exposta na Figura 15 e Tabela 6.

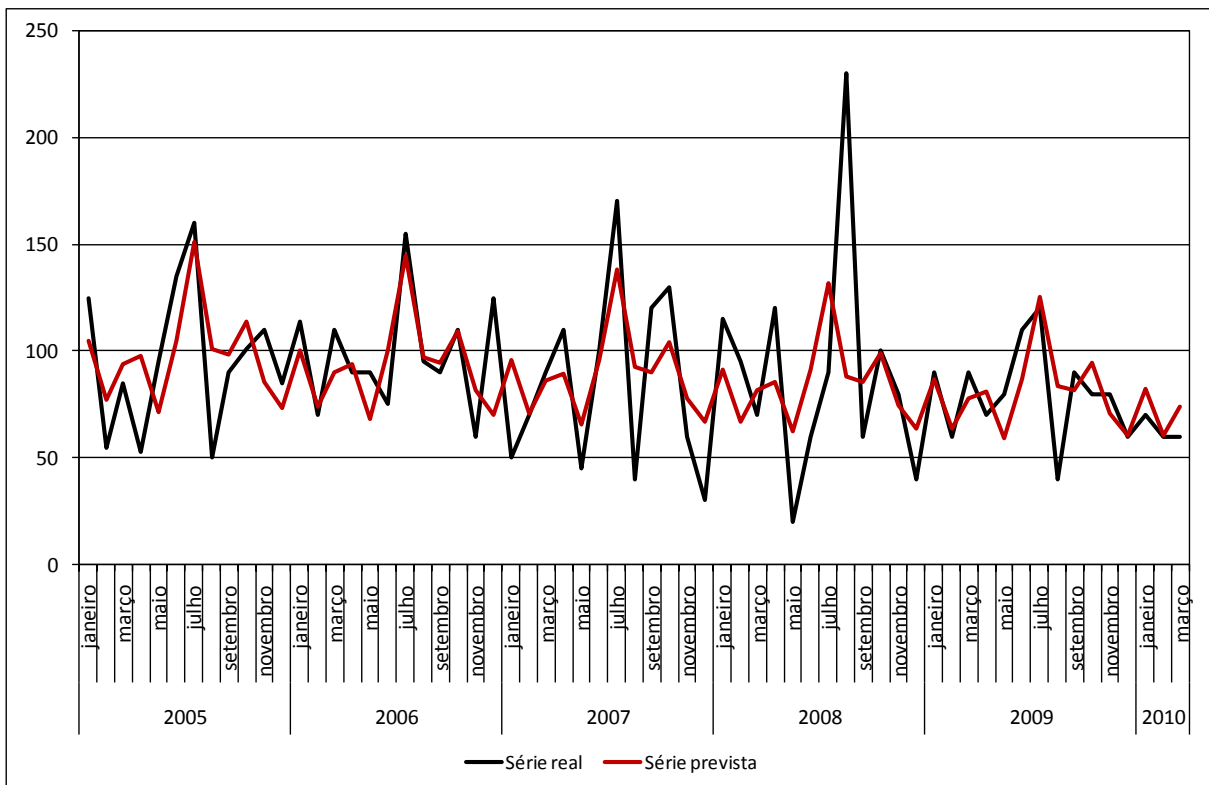


Figura 15 - Série de demanda mensal e da demanda prevista do medicamento Propofol com a utilização do método da Regressão Linear Simples

Tabela 6 – Valores dos critérios de validação obtidos com o método da Regressão Linear Simples

<b>Crítérios</b>	<b>Valores</b>
MAPE	30,63%
MAD	21,18

Na tentativa de se reduzir o erro de previsão foi feita uma análise dos valores espúrios (também chamados de *outliers*). Segundo Pellegrini (2000), eles podem ocorrer devido a erros de digitalização, falta de produtos, promoções esporádicas e variações no mercado financeiro, sendo que estes valores comprometem a qualidade da modelagem.

Para reconhecimento dos valores espúrios foi-se utilizado intervalo de confiança de 95%. Este procedimento permitiu a identificação de um valor *outlier*, correspondente à demanda de agosto de 2008. Através da análise dos dados da demanda real, percebe-se que há uma alta significativa da demanda nos meses de julho, exceto no ano de 2008, em que a alta da demanda ocorreu no mês de agosto. Em entrevistas com os gestores da farmácia hospitalar, foi constatado que esta observação é atípica, mas os mesmos não se recordam do motivo da ocorrência do valor espúrio. Portanto, este valor foi considerado como *outlier* na tentativa de reduzir o erro de previsão e tornar esta mais precisa.

O tratamento do *outlier* utilizado seguiu o método sugerido por Pellegrini (2000), porém adaptado para séries com sazonalidade. Desta forma, o valor espúrio foi substituído pela média aritmética do seu antecessor e sucessor sazonal, conforme está exposto na Figura 16. Feito isto, o método da Regressão Linear Simples com periodicidade de 12 períodos foi aplicado novamente à nova série obtida.

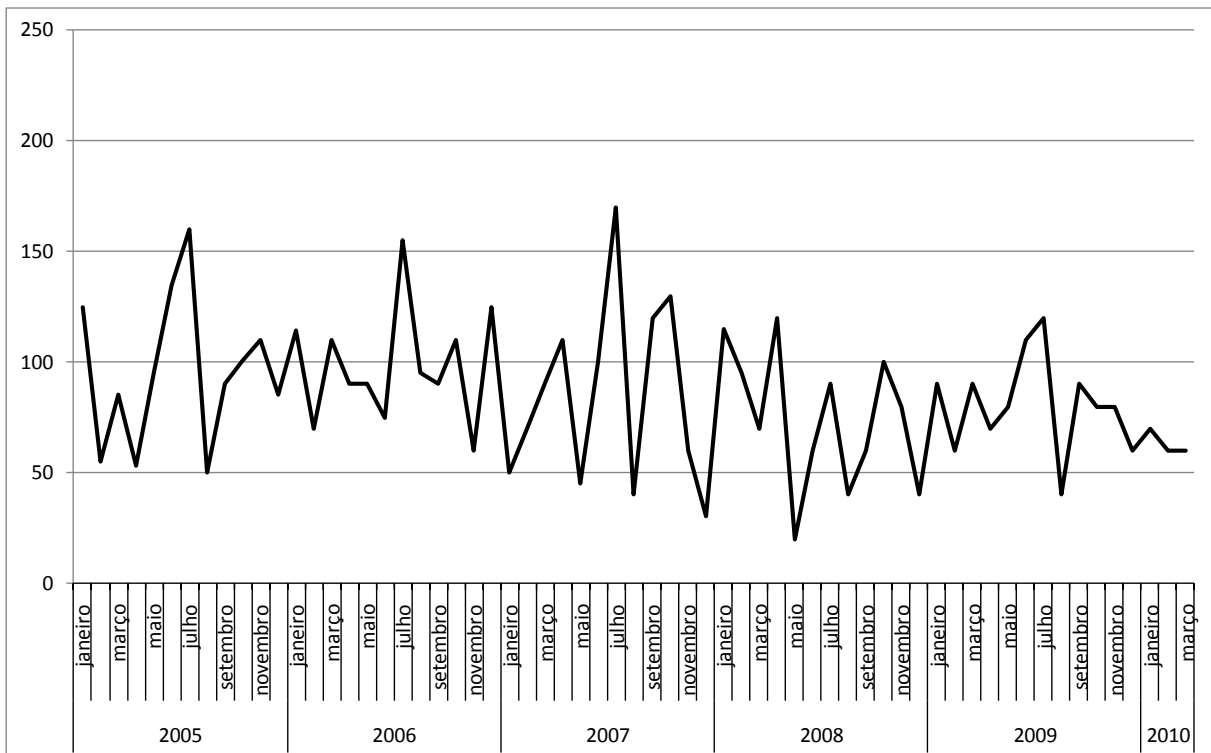


Figura 16 - Série de demanda mensal do medicamento Propofol após tratamento de *outlier*

Com a aplicação do método da Regressão Linear Simples sugerido por Chopra e Meindl (2003), obtiveram-se os seguintes parâmetros expressos na Tabela 7:

Tabela 7 – Parâmetros da Regressão Linear Simples após tratamento de *outlier* utilizando periodicidade  $p = 12$

Parâmetro	Valor
<i>R-square</i>	0,752937
Stat t	-12,2201
Valor-p	1,73E-16
F de significação	1,73E-16

A equação da reta (Equação 28) e a reta obtidas (Figura 17) foram:

$$y = 104,2797 - 0,56098 * x \quad (28)$$

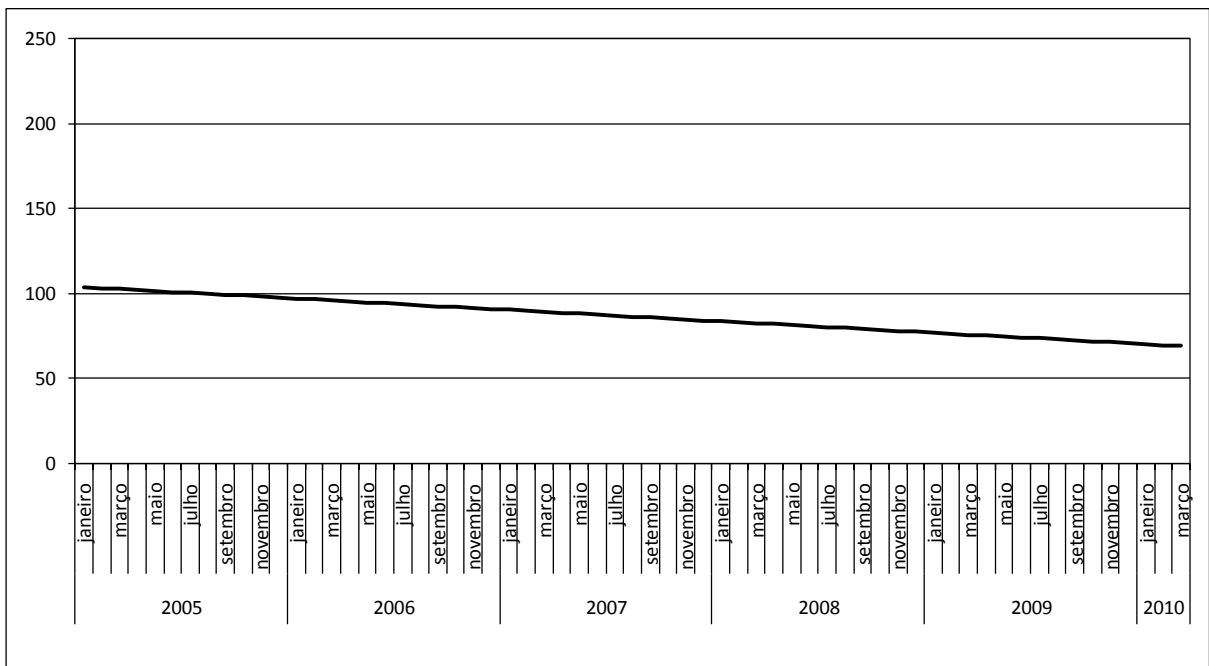


Figura 17 – Gráfico da reta da demanda dessazonalizada do medicamento Propofol obtida pelo do método da Regressão Linear Simples após tratamento de *outlier*

O coeficiente de declividade permanece negativo, ou seja, a série da demanda dessazonalizada tem tendência de decrescimento.

Os fatores de sazonalidade para os 12 períodos do ciclo sazonal foram novamente calculados para voltar com a sazonalidade da série e as previsões foram realizadas, conforme mostram a Figura 18 e a Tabela 8.

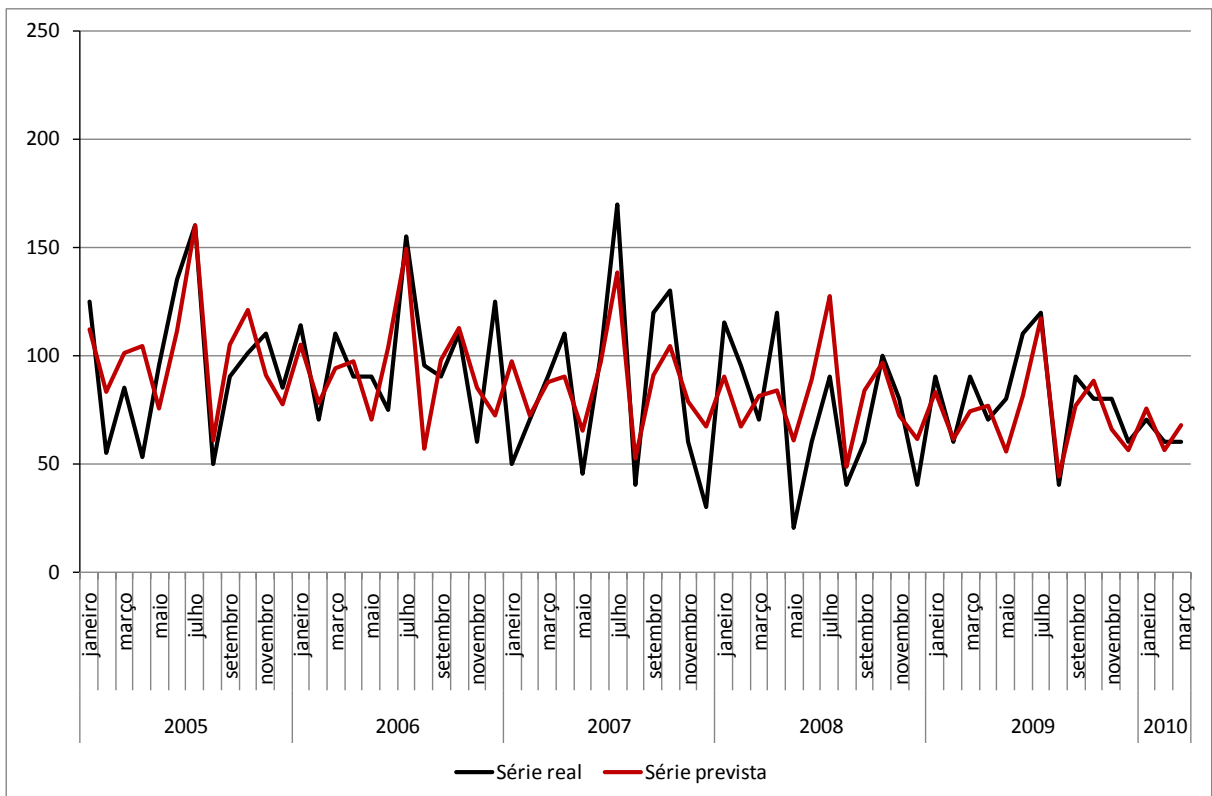


Figura 18 - Série de demanda mensal e da demanda prevista do medicamento Propofol com a utilização do método da Regressão Linear Simples após tratamento de *outlier*

Tabela 8 – Valores dos critérios de validação obtidos com o método da Regressão Linear Simples após tratamento de *outlier*

<b>Crítérios</b>	<b>Valores</b>
MAPE	26,26%
MAD	17,69

Após a identificação do *outlier*, foi analisada outra opção de alteração na série original objetivando reduzir os erros de previsão. Desta vez, as demandas dos meses de julho de 2008 e agosto de 2008 foram invertidas, uma vez que neste ano a alta da demanda ocorreu em agosto, sendo que nos outros anos este aumento foi percebido em julho devido à preferência dos clientes em fazer cirurgias de caráter não emergencial nas férias de inverno. Com a série temporal obtida foi aplicado o método da Regressão Linear Simples sugerido por Chopra e Meindl (2003), sendo constatado que a periodicidade que mais se adapta à série é de 12 períodos. Para este ciclo sazonal o valor do MAD encontrado foi 19,24 e do MAPE 27,45%. Os resultados desta previsão foram mais satisfatórios, se comparados com os obtidos anteriormente. Porém, como é objetivo deste estudo manter fidelidade aos dados analisados, este caso não será considerado na discussão dos resultados.

## 4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Por meio da análise dos resultados obtidos com a Classificação ABC dos medicamentos da farmácia hospitalar percebe-se que os produtos pertencentes à classe A merecem dedicação especial dos gestores da organização, dado que esta representa 10,11% dos itens presentes no estoque, sendo responsável por 69,31% do valor monetário do estoque.

A observação trivial do gráfico das demandas reais da série do medicamento Propofol exibe sua aleatoriedade e a relevância de se tentar, através da utilização de processos matemáticos, prever a demanda de medicamentos.

Encontrar um modelo que traduza perfeitamente o comportamento de um processo tanto no passado quanto no futuro é uma tarefa praticamente impossível. Todavia, é possível dizer dentre vários modelos, qual deles é mais adequado ao processo estudado por meio da análise dos erros de previsão. Nesta pesquisa foram utilizados o MAD e o MAPE como critérios de validação e escolha do modelo de maior acurácia para previsões de demanda da série em estudo. Os valores encontrados estão expostos na Tabela 9.

Tabela 9 - Comparação dos valores dos critérios de validação dos modelos

Critérios	NAÏVE	Média Móvel	Suavização	Regressão Linear
		Aritmética Simples	Exponencial	Simples
MAPE	63,03%	41,7%	36,54%	30,63%
MAD	41,7	26,94	24,29	21,18

Comparando-se os métodos de previsão empregados – NAÏVE, Média Móvel Aritmética Simples, Suavização Exponencial e Regressão Linear Simples – percebe-se que a Regressão Linear Simples é responsável por gerar menores valores dos erros MAD e MAPE.

O tratamento do valor espúrio seguido da aplicação do método da Regressão Linear Simples permitiu obter menores erros de previsão (MAPE e MAD), porém não resolveu o problema encontrado na série temporal. O *outlier* do mês de agosto de 2008 foi eliminado, mas a demanda do mês de julho de 2008 continuou baixa se comparada com o mesmo período dos outros anos observados, sendo que esta situação foi vista como atípica pelos gestores da organização. A Tabela 10 mostra os erros obtidos com a utilização do método da Regressão Linear Simples com dessazonalização da demanda antes e depois do tratamento de *outliers*.



Tabela 10- Valores dos critérios de validação obtidos com a Regressão Linear Simples (com e sem tratamento de *ourlier*)

Critérios	Sem tratamento	Com tratamento
	de <i>outlier</i>	de <i>outlier</i>
MAPE	30,63%	26,26%
MAD	21,18	17,69

Por meio da análise dos resultados expostos, conclui-se que o método mais indicado dentre os analisados para se fazer previsões para a série do medicamento Propofol é a Regressão Linear Simples com dessazonalização da demanda sem que seja feito o tratamento de *outliers*. Apesar do tratamento de *outliers* ter proporcionado menores erros de previsão, esta diminuição não é significativa ao ponto de justificar uma alteração na série histórica e conclui-se que é preferível realizar as previsões com a série da demanda real.

Cabe ressaltar que o presente estudo teve como objetivo apresentar um modelo de previsão adequado da série temporal analisada, mas o processo de previsão de demanda é dinâmico, requerendo acompanhamento contínuo e constante dos gestores da farmácia.

## 5 CONCLUSÕES

A pesquisa cumpre o seu objetivo ao mostrar a viabilidade de se aplicar métodos de previsão de demanda advindos da manufatura no setor de saúde. A necessidade da aplicação destas técnicas em instituições da saúde, onde a previsão de demanda normalmente baseia-se no conhecimento tácito dos gestores, justifica-se pela alta perecibilidade e alto custo unitário dos medicamentos armazenados nos estoques de farmácias hospitalares.

Neste estudo foi realizada a análise da série histórica do medicamento Propofol, concluindo-se que a mesma apresenta tendência de decrescimento e sazonalidade de 12 períodos. A esta série foram aplicados métodos de previsão de demanda - o Método *NAÏVE*, o Método da Média Móvel Aritmética Simples, o Método de Suavização Exponencial (simples, o Método de Holt e o Método de Holt-Winters) e a Regressão Linear Simples - com o objetivo de verificar qual deles gera previsões com maior acurácia. Os resultados obtidos com a utilização dos modelos foram comparados através do MAD e MAPE. Esta análise leva à conclusão de que o método da Regressão Linear Simples com dessazonalização da demanda é o mais indicado dentre os modelos estudados para se fazer previsões para a demanda do medicamento Propofol, uma vez que ele apresenta menores erros de previsão. Além disto, também foi feita, para este método, a previsão de demanda com tratamento de *outliers*, sendo estes detectados com intervalo de confiança de 95%. Desta forma, obtiveram-se menores valores de MAD e MAPE. Entretanto, esta diferença não foi significativa ao ponto de justificar mudança na série real e optou-se por não alterar a série histórica através da eliminação de valores espúrios.

Esta pesquisa utiliza quatro modelos de previsão visando escolher, dentre eles, o mais indicado para a série em estudo. Porém, cabe ressaltar que outros métodos podem ser estudados como ferramenta de previsão de demanda para a série em estudo.

Com a economia globalizada, outros fatores podem interferir na demanda de medicamentos. Como recomendação para futuros trabalhos ressalta-se a importância de estudar modelos multivariados para prever a demanda de insumos em instituições de saúde, na tentativa de se obter uma melhor modelagem da série da demanda e auxiliar os gestores destas organizações na gestão do estoque e nas decisões de ressuprimento.

Outra recomendação pertinente é o estudo da abordagem conjunta de previsão de demanda e níveis de estoque. Para isto, seria necessário definir o estoque de segurança através da definição do sistema de revisão de estoque, objetivando, desta forma, evitar a

escassez de produtos decorrente de erros de previsões e proteger a organização contra flutuações do mercado, uma vez que a falta de medicamentos pode ocasionar, em situações extremas, o óbito de pacientes.

Por fim, recomenda-se para futuros estudos a avaliação quantificada da redução de custos proporcionada às empresas através da aplicação de modelos de previsão de demanda.

## REFERÊNCIAS

- ALENCASTRO, C. R\$ 1 bi em remédios no lixo. **Jornal O Globo**, Brasília, ano LXXXV, n. 28.020, 25 de abril de 2010.
- BACCI, L. A. **Combinação de métodos de séries temporais para previsão da demanda de café no Brasil**. 2007. 145 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BARBIERI, J. C.; MACHLINE, C. **Logística hospitalar: teoria e prática**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- BUSSAB, W. **Análise de variância e de regressão**. São Paulo: Atual, 1998.
- CAVALLINI, M. E.; BISSON, M. P. **Farmácia hospitalar: um enfoque em sistemas de saúde**. Barueri: Manone, 2002.
- CHATFIELD, C. **The analysis of time series: an introduction**. New York: Chapman and Hall, 1980.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Atlas, 2006.
- \_\_\_\_\_; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: Conceitos, uso e implantação**. 4<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação**. 4<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- GONÇALVES, A. A.; GOUVÊA, A. S. A.; NOVAES, L. O.; SIMONETTI, V. M. M. **Modelo de previsão de demandas na área de saúde – Estudo de caso de uma clínica de vacinas**. In: Anais do IV Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 13 f, 2007. Resende: SEGET, 2007.
- JAIN, C. L.; MALEHORN, J. **Benchmarking forecasting practices: a guide to improvement forecasting performance**. New York: Graceway Publishing Company, 2006.
- KAHN, K. B. Benchmarking sales forecasting performance measures. **The Journal of Business Forecasting Methods & Systems**, v. 17, n. 4, p. 19-23, Winter 1998/1999.
- LE MOS, F. O. **Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda**. 2006. 183f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

- LEVINE, D M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: teoria e aplicações usando Microsoft Excel em português**. Rio de Janeiro: LTC, 1997.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. **Forecasting: Methods and Applications**. 3rd ed., New York: John Wiley & Sons, 1998.
- MATOS, F. C. **Previsão de Demanda em um comércio de gêneros alimentícios**. 2007. 48 f. Monografia - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.
- MCCLAVE, J. T.; BENSON, P. G.; SINCICH, T. **Statistics for business and economics**. 9th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2004.
- MENTZER, J. T.; GOMES, R. Evaluating a decision support forecasting system. **Industrial Marketing Management**, New York, v. 18, n. 4, 1989.
- MORABITO, R.; PUREZA, V. Modelagem e simulação. In: Miguel, P. A. C. et al., **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e gestão de operações**, 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2009, v.1, p 165 – 195.
- MOREIRA, D. M. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- MOREIRA FILHO, R. M. **Administração estratégica de serviços hospitalares: uma abordagem quantitativa**. 2003. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2003.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Edgar Blucher, 2006.
- NAHMIA, S. **Production and operations analysis**, 2<sup>nd</sup> ed., Irwin, Illinois, 1993.
- NEUFELD, J. L. **Estatística Aplicada à Administração usando Excel**. 1ª ed., São Paulo: Prantice Hall, 2003.
- NOVAES, M. L. O.; AFONSO, M. W.; OLIVEIRA FILHO, D. C.; NOVAES, M. M.; NOVAES, L. M. **Modelo para a previsão de demanda de vacinas: a Média Móvel Aritmética Simples baseada em critérios estatísticos**. In: Anais do IV Encontro Mineiro de Engenharia de Produção, 8f., 2009. Viçosa: EMEPRO, 2009.
- \_\_\_\_\_; GONCALVES, A. A.; SIMONETTI, V. M.; GOUVEA, D. S. A. **Forecast Demands Model and Vaccine Supplies Management**. In: Anais do 5th International Conference on Information Systems and Technology Management , v.1, p. 2777-2792, , São Paulo, 2008.
- \_\_\_\_\_. **Modelo de previsão de demandas e redução de custos da farmácia hospitalar**. 214 f. Dissertação (Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial) - UNESA, Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, 2007.
- \_\_\_\_\_; GONÇALVES, A. A.; SIMONETTI, V. M. M. **Gestão das farmácias hospitalares através da padronização de medicamentos e utilização da curva ABC**. In: Anais do XIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 8f., Bauru: SIMPEP, 2006.

PELLEGRINI, F. R. **Metodologia para Implementação de Sistemas de Previsão de Demanda**. 2000. 146 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

\_\_\_\_\_; FOGLIATTO, F. S. Passos para implantação de sistemas de previsão de demanda - técnicas e estudo de caso. **Revista Produção**, Rio de Janeiro, RJ, v. 11, n. 1, p. 43-64, 2001.

RAGSDALE, C. **Spreadsheet modeling & decision analysis**. Thompson. 4th ed. Cincinnati, 2004.

SEKHRI, N.; CHISHOLM, R.; LONGHI, A.; EVANS, P.; RILLING, M.; WILSON, E.; MADRID, Y. **Principles for forecasting demand for global health products**. Center for Global Development. Washington D.C , 2006.

SILVA; D. V.; SERRA, C. M. V.; SANTOS, A. C. O.; MELO, A. C. S. **Análise de demanda em uma companhia de água mineral da região metropolitana de Belém utilizando modelos de séries temporal de Holt-Winters**. In: Anais do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 12f.. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

WERNER, L.; LEMOS, F. O.; DAUDT, T. **Previsão de demanda e níveis de estoque: uma abordagem conjunta aplicada no setor siderúrgico**. In: Anais do XIII Simpósio de Engenharia de Produção, 11f.. Bauru: SIMPEP, 2006.

## ANEXO 1 – TERMO DE AUTENTICIDADE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA

### Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.

Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.

Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral<sup>1</sup> e criminais previstas no Código Penal<sup>2</sup>, além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)

\_\_\_\_\_  
Matrícula

\_\_\_\_\_  
ASSINATURA

\_\_\_\_\_  
CPF

<sup>1</sup> LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

<sup>2</sup> Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.