

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Achiles Ramos Ribeiro

**Previsão de Demanda: Estudo de caso na Cadeia de
Suprimentos**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção do
Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientadores: Prof. Madiagne Diallo
Prof^a. Monica Barros

Rio de Janeiro

Março de 2009



Achiles Ramos Ribeiro

**Previsão de Demanda: Estudo de caso na Cadeia de
Suprimentos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Madiagne Diallo

Orientador

Depto de Engenharia Industrial - PUC

Prof^a. Monica Barros

Co-orientadora

Depto Engenharia Elétrica - PUC

Prof. Reinaldo Castro Souza

Depto Engenharia Elétrica - PUC

Prof. Paulo Henrique Soto Costa

Depto Engenharia Industrial - PUC

Prof. João Carlos Aires

UGF

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 27 de março de 2009

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Achiles Ramos Ribeiro

Graduou-se em Administração de Empresas na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 1994. Atua há 15 anos no mercado de trabalho e nos últimos 5 anos como gerente administrativo, com foco na área de Logística. É responsável pelos setores de Suprimentos, Expedição e Manutenção. Gerencia o abastecimento de aproximadamente 3.000 itens para todos os setores administrativos e lojas de uma empresa do ramo joalheiro, desde a compra até a expedição dos produtos.

Ficha Catalográfica

Ribeiro, Achiles Ramos

Previsão de Demanda: Estudo de caso na Cadeia de Abastecimento / Achiles Ramos Ribeiro; orientador: Madiagne Diallo . - 2009.

145 fl.: il. (col.); 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009

Inclui bibliografia.

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Previsão de Demanda. 3. Séries temporais. 4. Amortecimento Exponencial. 5. Box-Jenkins. 6. logística. 7. Forecast Pro. I. Diallo, Madiagne. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Dedico o presente trabalho aos meus pais, Ieda e Benedito, que nunca mediram esforços para que eu me tornasse o Homem, o Profissional e o Pai que sou hoje.

E também à minha esposa, Malu, e meus filhos, Henrique e Ana Clara que representam toda minha força e motivação na superação dos meus obstáculos.

“O melhor profeta do futuro é o passado.”
Lord Byron

“Estuda o Passado se queres prognosticar o Futuro.”
Confúcio

Agradecimentos

À minha orientadora Mônica Barros.

Ao amigo Madiagne Diallo pelo apoio nos momentos críticos.

À Cristina Antunes pelas várias broncas dadas ao longo do processo de desenvolvimento do projeto.

À minha esposa, Malu, pela compreensão e por ficar ao meu lado em todos os momentos.

À Neila, minha assistente e “braço direito”, pelo constante apoio e dedicação.

Resumo

Ribeiro, Achiles Ramos; Diallo, Madiagne. **Previsão de Demanda: Estudo de caso na Cadeia de Suprimentos**. Rio de Janeiro, 2009. 145 p. Dissertação de Mestrado (Opção profissional) - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A presente dissertação tem como principal objetivo a conceituação e apresentação das metodologias básicas de previsão de demanda e, a partir de um estudo de caso, a seleção da metodologia mais adequada e sua respectiva implantação. No primeiro capítulo é apresentada, além da importância do referido tema, a empresa selecionada para aplicação dos conceitos levantados, com a descrição de seus principais processos internos. No segundo capítulo foram abordados os conceitos de previsão de demanda e uma revisão dos principais modelos existentes. No capítulo seguinte, o problema que deverá ser tratado com a metodologia proposta é apresentado. Neste momento a metodologia conceituada é aplicada, através da seleção do método de previsão mais adequado ao caso estudado e respectiva modelagem, buscando melhorias em relação aos métodos de previsão existentes na empresa. Neste processo de modelagem utilizou-se o software Forecast Pro, um dos mais conceituados aplicativos de previsão de demanda no mercado. Por fim, na conclusão, avalia-se o impacto das mudanças propostas nos resultados da empresa, principalmente o aumento da precisão da previsão da demanda e, conseqüentemente, redução dos custos de importação e dos índices de “stockout”.

Palavras-chave

Previsão de demanda; séries temporais; amortecimento exponencial; Box-Jenkins; logística; Forecast Pro

Abstract

Ribeiro, Achilles Ramos; Diallo, Madiagne (Advisor). **Demand forecast: a case study in supply chain**. Rio de Janeiro, 2009. 145p. MSc Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The main objective of this dissertation is the presentation of basic forecasting methods and their implementation in a case study in supply chain. The first chapter points out the importance of forecasting in this context and describes the company selected for the case study and some of its internal processes that will be under scrutiny in the case study presented in this dissertation. The second chapter discusses the concepts and models of forecasting and reviews some of the major techniques in the field. In chapter three, standard forecasting techniques are applied to real data (ten time series) from the company and select the most appropriate model in each case. Model adjustment is performed through the Forecast Pro software, one of the best-known products in the market. Chapter four contains the conclusions and the evaluation of the impacts of the proposed methodology on the company's results, especially the increased accuracy of forecasting and, consequently, the reduction in the import costs and stock out index.

Keywords

Demand Forecast; time series; exponential smoothing; Box-Jenkins; logistics; Forecast Pro

Sumário

1 INTRODUÇÃO	19
1.1. OBJETIVO	19
1.2. MOTIVAÇÃO	20
1.3. A EMPRESA	21
1.3.1. A Empresa	21
1.3.2. Área Nacional	22
1.3.3. Área Turística	22
1.3.4. Logística	22
2 PREVISÃO DA DEMANDA	25
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	25
2.2. CARACTERÍSTICAS DA PREVISÃO	27
2.3. MÉTODOS DE PREVISÃO	33
2.3.1. Média Simples	33
2.3.2. Média Móvel	34
2.3.3. Média Móvel Dupla	35
2.3.4. Amortecimento Exponencial Simples	38
2.3.5. Amortecimento Exponencial Duplo (Modelo De Brown)	40
2.3.6. Amortecimento Exponencial - Método De Holt	42
2.3.7. Amortecimento Exponencial – Modelo de Winters	43
2.3.8. Modelos ARIMA de BOX e JENKINS	46
2.3.8.1. Modelo Auto-regressivo (AR)	50
2.3.8.2. Modelo de Médias Móveis (MA)	52
2.3.8.3. Modelos Auto-regressivos de Médias Móveis (ARMA)	53
2.3.8.4. Identificação	56
2.3.8.5. Modelos Sazonais	58
2.4. MEDIDAS DE ERRO NA PREVISÃO	60
2.4.1. Erro Absoluto Médio (MAD)	61
2.4.2. Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE)	62
2.4.3. Erro Quadrático Médio (MSE)	62

2.4.4. Viés Do Erro De Previsão	63
2.5. SOFTWARE	65
2.6. PROCESSO	65
3 ANÁLISE DOS DADOS	67
3.1. O PROBLEMA	67
3.2. DADOS DISPONÍVEIS	73
3.3. ECONOMIA ESTIMADA	74
3.4. ESTOJO PARA BERLOQUE E BRINCO PEQUENO	76
3.5. ESTOJO PARA ANEL E MEIA ALIANÇA	85
3.6. ESTOJO PARA PENDENTE E BRINCO PINGENTE	91
3.7. CARTEIRA PARA COLAR E PENDENTE	98
3.8. ESTOJO PARA ANEL ARGOLÃO	104
3.9. ESTOJO COM ABA PARA BRINCO CLIPS	109
3.10. ESTOJO PARA PULSEIRA ABERTA LARGA	113
3.11. ESTOJO PARA ALIANÇAS E ABOTOADURAS	120
3.12. ESTOJO COLAR BUSTO	126
3.13. ESTOJO PARA ANEL FLEXÍVEL	131
4 CONCLUSÃO	138
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144

Lista de figuras

Figura 1 Séries históricas com tendência e sazonalidade.	29
Figura 2 Comparativo de resultados de previsões, utilizando a média simples, móvel e dupla.	37
Figura 3 Representação esquemática de um modelo linear.	49
Figura 4 Gráfico PACF de uma série, indicando um modelo AR(1).	51
Figura 5 Abordagem do método de Box-Jenkins	55
Figura 6 Gráficos Teóricos de ACF e PACF de uma série, indicando um modelo AR(1).	57
Figura 7 Gráficos Teóricos de ACF e PACF de uma série, indicando um modelo AR(2).	57
Figura 8 Gráficos Teóricos de ACF e PACF de uma série, indicando um modelo MA(1)	57
Figura 9 Gráficos Teóricos de ACF e PACF de uma série, indicando um modelo MA(2).	58
Figura 10 Viés de Erro de Previsão. Exemplo estojo para brinco argola grande.	64
Figura 11 Comparativo de vendas realizadas x pedidos de lojas com “efeito chicote”.	71
Figura 12 Diferença percentual entre o pedido de lojas e as vendas realizadas.	71
Figura 13 Comparativo de vendas realizadas x pedidos de lojas com “efeito chicote”.	72
Figura 14 Diferença percentual entre o pedido de lojas e as vendas realizadas.	72
Figura 15 Série histórica: estojo para berloque e brinco pequeno – ref. 3000252.	77
Figura 16 Série histórica com previsão: estojo para berloque e brinco pequeno – ref. 3000252.	79
Figura 17 Gráfico de resíduos - Estojo para berloque e brinco	

pequeno – ref. 3000252.	81
Figura 18 Gráfico de autocorrelação dos resíduos - Estojo para berloque e brinco pequeno – ref. 3000252.	82
Figura 19 Série histórica com previsão: estojo para berloque e brinco pequeno – evento em dezembro.	83
Figura 20 Série histórica: estojo para anel e meia aliança – ref. 3000241.	85
Figura 21 Função ACF estojo para anel e meia aliança – ref. 3000241.	86
Figura 22 Função PACF estojo para anel e meia aliança – ref. 3000241.	86
Figura 23 Gráfico de resíduos - Estojo para anel e meia aliança – ref. 3000241.	88
Figura 24 Série histórica com previsão: modelo AR(1) estojo para anel e meia aliança.	88
Figura 25 Série histórica com previsão: Amortecimento Exponencial com evento em fevereiro. Estojo para anel e meia aliança	90
Figura 26 Série histórica: estojo para pendente e brinco pingente – ref. 3000313.	92
Figura 27 Série histórica com previsão: amortecimento exponencial. Estojo pendente e brinco pingente.	92
Figura 28 Série histórica reduzida com previsão: amortecimento exponencial. Estojo pendente e brinco pingente.	96
Figura 29 Série histórica: carteira para colar e pendente – ref. 3000285.	98
Figura 30 Série histórica com previsão - carteira para colar e pendente (ref. 3000285). AR(1).	99
Figura 31 Gráfico de resíduos – carteira para colar e pendente – ref. 3000285.	100
Figura 32 Gráfico de resíduos com evento setembro – carteira para colar e pendente.	102
Figura 33 Série histórica com previsão - carteira para colar e pendente (ref. 3000285). Amortecimento exponencial com evento.	103

Figura 34 Série histórica: estojo para anel argolão – ref. 3000496.	104
Figura 35 Gráfico de resíduos – AE sem evento – Estojo para anel argolão.	106
Figura 36 Gráfico de autocorrelação dos resíduos - Estojo para anel argolão – ref. 3000496.	107
Figura 37 Série histórica com previsão – Estojo anel argolão (ref. 3000496). Amortecimento exponencial.	107
Figura 38 Série histórica: estojo com aba para brinco clips – ref. 1001148.	109
Figura 39 Série histórica com previsão – Estojo com aba para brinco clips (ref. 1001148). Amortecimento exponencial sem evento.	111
Figura 40 Gráfico de resíduos – AE sem evento – Estojo com aba para brinco clips.	111
Figura 41 Série histórica com previsão – Estojo com aba para brinco clips. Amortecimento exponencial com evento em dezembro.	113
Figura 42 Série histórica: estojo para pulseira aberta larga – ref. 3000524.	114
Figura 43 Série histórica com previsão – Estojo para pulseira aberta larga (ref. 3000524). Amortecimento exponencial sem evento.	115
Figura 44 Gráfico de resíduos – AE sem evento – Estojo para pulseira aberta larga.	116
Figura 45 Série histórica com previsão – Estojo para pulseira aberta larga (ref. 3000524). ARIMA(1,0,1) com série reduzida.	118
Figura 46 Série histórica com previsão – Estojo para pulseira aberta larga (ref. 3000524). AE com série reduzida e evento em setembro.	120
Figura 47 Série histórica: estojo alianças e abotoaduras – ref. 3000230.	121
Figura 48 Série histórica com previsão – Estojo para alianças e abotoaduras (ref. 3000230). AE com sazonalidade multiplicativa.	122
Figura 49 Série histórica com previsão- gráfico final – Estojo para alianças e abotoaduras.	125
Figura 50 Série histórica: estojo colar busto – ref. 3000296.	126
Figura 51 Série histórica com previsão – ARIMA(1,0,0) – Estojo	

colar busto.	127
Figura 52 Série histórica com previsão – AE com série reduzida e sem eventos – Estojo colar busto.	130
Figura 53 Série histórica: estojo para anel flexível – ref. 3000580.	131
Figura 54 Gráfico de autocorrelação dos erros - Estojo para anel flexível – ref. 3000580.	132
Figura 55 Volatilidade da série histórica – Estojo para anel flexível.	133
Figura 56 Série histórica com previsão – AE – Estojo para anel flexível.	134
Figura 57 Gráfico de resíduos – AE sem evento – Estojo para anel flexível.	135
Figura 58 Série histórica com previsão – AE com evento em outubro – Estojo para anel flexível.	137
Figura 59 Comparativo dos níveis históricos de <i>stock-out</i> .	139

Lista de tabelas

Tabela 1 Comparativo dos resultados das técnicas de média simples, móvel e dupla, em unidades.	36
Tabela 2 Medida de erro de previsão. Estojo para brinco argola grande	64
Tabela 3 lista de estojos estudados na dissertação	74
Tabela 4 Comparativo de quantidades consumidas x pedidos – em unidades	75
Tabela 5 Indicadores de performance – “dentro da amostra” – Estojo berloque brinco pequeno	79
Tabela 6 Indicadores de performance – “fora da amostra” – Estojo berloque brinco pequeno	80
Tabela 7 Comparativo dos Indicadores de performance “dentro da amostra”– Com evento x sem evento	83
Tabela 8 Comparativo dos Indicadores de performance “fora da amostra” – Com evento x sem evento	84
Tabela 9 Relatório final de previsão – Estojo berloque brinco pequeno (ref. 3000252).	85
Tabela 10 Indicadores de performance – “dentro da amostra” – Estojo anel e meia aliança	87
Tabela 11 Indicadores de performance – “fora da amostra” – Estojo para anel e meia aliança	87
Tabela 12 Comparativo dos Indicadores de performance “dentro da amostra” – Com evento x sem evento.	89
Tabela 13 Comparativo dos Indicadores de performance “fora da amostra” – Com evento x sem evento	90
Tabela 14 Relatório final de previsão – Estojo para anel e meia aliança – ref. 3000241.	91
Tabela 15 Indicadores de performance – “dentro da amostra” – Estojo pendente e brinco pingente.	93

Tabela 16 Indicadores de performance – “fora da amostra” – Estojo pendente e brinco pingente. Sem evento.	93
Tabela 17 Comparativo dos Indicadores de performance “dentro da amostra” – Com evento x sem evento. Estojo pendente e brinco pingente.	94
Tabela 18 Indicadores de performance – “fora da amostra” – Estojo pendente e brinco pingente. Evento em abril.	94
Tabela 19 Evolução dos Indicadores de performance “dentro da amostra” – Com evento x sem evento. Estojo pendente e brinco pingente.	95
Tabela 20 Indicadores de performance – “fora da amostra” – Estojo pendente e brinco pingente série histórica reduzida e sem evento.	96
Tabela 21 Evolução dos Indicadores de performance “dentro da amostra”. Estojo pendente e brinco pingente.	97
Tabela 22 Comparativo dos Indicadores de performance “fora da amostra” – Com evento x sem evento. Série temporal reduzida.	98
Tabela 23 Relatório final de previsão – Estojo para pendente e brinco pingente – ref. 3000313.	98
Tabela 24 Indicadores de performance – “dentro da amostra” – carteira para colar e pendente.	100
Tabela 25 Indicadores de performance – “fora da amostra” – carteira para colar e pendente.	101
Tabela 26 Indicadores de performance – “fora da amostra” – comparativo com e sem evento.	102
Tabela 27 Comparativo dos Indicadores de performance “fora da amostra” – AE com evento x AR(1) sem evento.	103
Tabela 28 Relatório final de previsão – Carteira para colar e pendente – ref. 3000285.	104
Tabela 29 Indicadores de performance – “dentro da amostra” – Estojo para anel argolão.	105
Tabela 30 Indicadores de performance – “fora da amostra” – Estojo para anel argolão.	105

Tabela 31 comparativo de Indicadores de performance – “fora da amostra” – Eventos.	108
Tabela 32 Comparativo de Indicadores de performance – “dentro da amostra”.	108
Tabela 33 Relatório final de previsão – Estojo para anel argolão – ref. 3000496.	109
Tabela 34 Indicadores de performance – “dentro da amostra” – Estojo com aba para brinco clips.	110
Tabela 35 Indicadores de performance – “fora da amostra” – Estojo com aba para brinco clips.	110
Tabela 36 Comparativo de Indicadores de performance – “dentro da amostra”.	112
Tabela 37 Comparativo dos Indicadores de performance “fora da amostra” – sazonalidade aditiva sem evento x multiplicativa com evento.	112
Tabela 38 Relatório final de previsão – Estojo com aba para brinco clips – ref. 1001148.	113
Tabela 39 Indicadores de performance – “dentro da amostra” – Estojo para pulseira aberta larga.	115
Tabela 40 Indicadores de performance – “fora da amostra” – Estojo para pulseira aberta larga.	116
Tabela 41 Comparativo de Indicadores de performance – “dentro da amostra”.	117
Tabela 42 Comparativo dos Indicadores de performance “fora da amostra” – AE sem evento x ARIMA(1,0,1) com série reduzida.	117
Tabela 43 comparativo de Indicadores de performance – “dentro da amostra”.	119
Tabela 44 comparativo de Indicadores de performance – “fora da amostra”.	119
Tabela 45 Relatório final de previsão – Estojo para pulseira aberta larga (ref. 3000524).	120
Tabela 46 Indicadores de performance – “dentro da amostra” – Estojo de alianças e abotoaduras.	123

Tabela 47 Indicadores de performance – “fora da amostra” – Estojo de alianças e abotoaduras.	123
Tabela 48 Comparativo de Indicadores de performance – “dentro da amostra”.	124
Tabela 49 Comparativo de Indicadores de performance – “fora da amostra”.	124
Tabela 50 Relatório final de previsão – Estojo para alianças e abotoaduras (ref. 3000230).	126
Tabela 51 Indicadores de performance – “dentro da amostra” – Estojo colar busto.	128
Tabela 52 Indicadores de performance – “fora da amostra” – Estojo colar busto.	128
Tabela 53 Comparativo de Indicadores de performance – “dentro da amostra”.	129
Tabela 54 Comparativo de Indicadores de performance – “fora da amostra”.	129
Tabela 55 Relatório final de previsão – Estojo colar busto (ref. 3000296).	130
Tabela 56 Indicadores de performance – “dentro da amostra” – Estojo para anel flexível.	132
Tabela 57 Indicadores de performance – “fora da amostra” – Estojo colar busto.	133
Tabela 58 Comparativo de Indicadores de performance – “dentro da amostra”.	136
Tabela 59 Comparativo de Indicadores de performance – “fora da amostra”.	136
Tabela 60 Relatório final de previsão – Estojo para anel flexível (ref. 3000580).	137
Tabela 61 Comparativo dos resultados entre a nova metodologia e a anterior – Estojo para Berloque.	141