

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Lívio Agnew Bacci

**COMBINAÇÃO DE MÉTODOS DE SÉRIES
TEMPORAIS PARA PREVISÃO DA DEMANDA
DE CAFÉ NO BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Engenharia de Produção*

Orientador: Prof. Marcelo Lacerda Rezende, Dr.

Itajubá – MG

2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Lívio Agnew Bacci

**COMBINAÇÃO DE MÉTODOS DE SÉRIES
TEMPORAIS PARA PREVISÃO DA DEMANDA
DE CAFÉ NO BRASIL**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 27 de abril de 2007, conferindo ao autor o título de *Mestre em Engenharia de Produção*

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Lacerda Rezende (Orientador)

Prof. Ms. André Luiz Medeiros (Co-Orientador)

Prof. Dr. José Hamilton Chaves G. Júnior (UNIFEI)

Prof. Dr. Ricardo Pereira Reis (UFLA)

Itajubá – MG

2007

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Sônia e ao meu pai, Eugênio, por me ensinarem que o conhecimento é o único “bem intangível” que o tempo não consome. Pelo sacrifício que tiveram. Pelo incentivo e apoio nos momentos mais difíceis que passei.

À minha esposa, Virgínia, pelo incentivo dado a prosseguir com meus estudos e pela compreensão em relação ao tempo que tive de dedicar a eles.

“Tenho somente uma luz pela qual meus pés são guiados – a luz da experiência. Não conheço nenhum modo de julgar o futuro que não seja através do passado”.

Patrick Henry

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente em todos os momentos de minha vida, dando-me saúde, força e disposição para trabalhar e superar as dificuldades.

À minha família, pelo incentivo que sempre me deu a prosseguir com os estudos até este nível de escolaridade.

A Universidade Federal de Itajubá e ao excelente ensino que recebi dos professores do departamento de pós-graduação em Engenharia de Produção dessa instituição.

Ao professor Carlos Eduardo Sanches da Silva, pela compreensão, ajuda e colaboração dadas ao longo desse período.

A CAPES, pela bolsa concedida durante grande parte do curso.

Ao meu orientador, professor Marcelo Lacerda Rezende, pelo conhecimento, competência, incentivo, paciência, dedicação e amizade transmitida.

Ao amigo e co-orientador André Luiz Medeiros, pelo exemplo dado de que só com muito trabalho e dedicação é possível vencer como pesquisador.

Ao professor Anderson Paulo de Paiva, pelas idéias e conhecimentos estatísticos transmitidos.

A todos os colegas e participantes do núcleo de auxílio e apoio à decisão (NEAAD) e, em especial, ao professor José Arnaldo Barra Montevechi pelo conhecimento, profissionalismo e competência demonstrados como professor e na condução do grupo.

Aos meus grandes amigos e também professores Luiz Gustavo de Mello e José Celso de Castro, que muito contribuíram para que eu iniciasse e terminasse esse curso.

Ao Sistema de Bibliotecas da PUC – Rio, pelo excelente serviço de busca por periódicos, teses e dissertações disponibilizados *on line* para seus ex-alunos.

E, por fim, a todos os professores do curso de graduação em Economia e do MBA em Finanças da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC – Rio), pelos conhecimentos anteriormente a mim transmitidos, o que tornou muito mais fácil alcançar mais este degrau.

A todos, muito obrigado!

LISTA DE QUADROS

Quadro 3-1 - Identificação das ordens p e q	59
Quadro 3-2 - Comparação das técnicas de previsão de demanda.....	68
Quadro 5-1 - Série de dados do consumo de café no Brasil.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1 - Divisão dos métodos de previsão em causais ou de séries temporais.	35
Figura 3-2 - Métodos de previsão de séries temporais.....	38
Figura 3-3 - Representação esquemática da metodologia ARIMA para modelagem de séries temporais.	57
Figura 4-1 - Formas de classificação das pesquisas científicas.....	76
Figura 4-2 - Modelo de pesquisa quantitativa.	78
Figura 4-3 - Método científico de previsão.	79
Figura 4-4 - Etapas percorridas no trabalho.	81
Figura 4-5 - Processo de escolha e validação dos métodos de Séries Temporais com exceção do ARIMA.....	82
Figura 5-1 - Evolução do consumo de café (em milhões de sacas), de 1975 a 2004.	85
Figura 5-2 - <i>Time-Séries Plot</i> da série do consumo de café diferenciada uma vez.	86
Figura 5-3 - <i>Time-Série Plot</i> da série do consumo de café diferenciada duas vezes.	87
Figura 5-4 - Função Auto-Correlação série consumo de café (Y_T).	87
Figura 5-5 - Função de autocorrelação (ACF) para série (Z_T).	88
Figura 5-6 - Função de autocorrelação (ACF) para série (W_T).	88
Figura 5-7 - Ajuste do método DSE.	93
Figura 5-8 - Distribuição aleatória dos resíduos do modelo DSE.	94
Figura 5-9 - Ajuste do ATL aos dados.....	96
Figura 5-10 - Ajuste do ATQ aos dados.	97
Figura 5-11 - Distribuição aleatória dos resíduos do método ATQ.....	98
Figura 5-12 - Ajuste do ATE aos dados.....	99
Figura 5-13 - Ajuste do ATLOG aos dados.	99
Figura 5-14 - Função de autocorrelação parcial (PACF) da série WT (2° dif.).	101
Figura 5-15 - Ajuste modelo ARIMA (2, 2, 5).....	103
Figura 5-16 - Função de autocorrelação dos resíduos (ACF) do modelo ARIMA (2, 2, 5)..	104
Figura 5-17 - Teste de normalidade Anderson-Darling para resíduos ARIMA (2, 2, 5).....	106
Figura 5-18 - Histograma dos resíduos com curva normal.	106
Figura 5-19 - Run-Chart dos resíduos do modelo ARIMA (2, 2, 5).....	107
Figura 5-20 - Função de autocorrelação (ACF-FIT) da série gerada pelo modelo	108
Figura 5-21 - Ajuste do método COMB aos dados.	111

Figura 5-22 - Resíduos do método COMB distribuídos aleatoriamente.....	112
Figura 5-23 - Dispersão do ARIMA (2, 2, 5), DSE e ATQ em comparação a dispersão da COMBINAÇÃO.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1 - Teste de Box e Pierce para hipótese conjunta coeficientes correlação.	89
Tabela 5-2 - Hierarquia métodos de previsão com exceção do método ARIMA.....	90
Tabela 5-3 - Coeficientes AR e MA do modelo ARIMA (2, 2, 5).	102
Tabela 5-4 - Testes de Box-Pierce e Ljung-Box dos resíduos.	105
Tabela 5-5 – Teste de significância dos parâmetros AR e MA do modelo ARIMA (2, 2, 5).109	
Tabela 5-6 - Correlações entre parâmetros do modelo ARIMA (2, 2, 5).	109
Tabela 5-7 - Comparação entre o consumo real e o previsto de cada método.	113
Tabela 5-8 - Diferenças MAD e desvios-padrão erros entre os métodos.	114

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos	3
1.2	Justificativa	3
1.3	Limitações e contribuições	4
1.4	Estrutura do trabalho	5
2	O SETOR CAFEIEIRO NO BRASIL	6
2.1	O marco inicial da regulamentação do mercado	7
2.2	A regulamentação do setor cafeeiro de 1906 a 1930.....	10
2.3	A regulamentação do setor cafeeiro de 1930 a 1950.....	14
2.4	A regulamentação do setor cafeeiro de 1950 a 1989.....	17
2.4.1	A regulamentação do mercado mundial de café.....	19
2.4.2	A regulamentação da cadeia agroindustrial do café	21
2.5	Os efeitos da regulamentação sobre a demanda externa e interna de café	22
2.6	O setor cafeeiro sem regulamentação	28
3	MÉTODOS DE PREVISÃO.....	33
3.1	Importância da previsão	33
3.2	Tipos de métodos de previsão	34
3.2.1	Métodos Causais	36
3.2.2	Métodos de séries temporais	37
3.3	A escolha do método ou métodos de previsão	67
3.4	A combinação de métodos de previsão	70
3.5	Medidas de desempenho e erros de previsão	72
4	METODOLOGIA	75
4.1	Classificação da pesquisa.....	76
4.2	Modelos de pesquisa utilizados.....	77
4.3	Coleta e tratamento dos dados.....	80
4.4	Etapas da pesquisa.....	80
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
5.1	Coleta e tratamento dos dados.....	84
5.2	Métodos de séries temporais com exceção do ARIMA	89
5.2.1	Média Móvel (MM)	91
5.2.2	Simple Suavização Exponencial (SSE).....	91

5.2.3	Dupla Suavização Exponencial (DSE)	92
5.2.4	Holt Winters (HW)	94
5.2.5	Decomposição Multiplicativa (DM).....	94
5.2.6	Decomposição Aditiva (DA).....	95
5.2.7	Análise de Tendência Linear (ATL).....	95
5.2.8	Análise de Tendência Quadrática (ATQ).....	96
5.2.9	Análise de Tendência Exponencial (ATE).....	98
5.2.10	Análise de Tendência Logística (ATLOG)	99
5.3	Método ARIMA	100
5.4	Combinação dos métodos selecionados.....	110
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	116
6.1	Conclusões	116
6.2	Sugestões.....	118
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
8	APÊNDICES	124

RESUMO

Até o fim da década de 80, o setor cafeeiro no Brasil era fortemente regulamentado com o intuito de impedir a queda dos preços do café no mercado internacional, através do controle da oferta. O mercado interno era tratado residualmente, o que justificava, em parte, o baixo consumo interno. Com a desregulamentação do setor, características como menores custos, maior diferenciação e melhor qualidade do café passaram a ser a chave para sobrevivência. O consumo interno, desde então, passou a subir rapidamente, aumentando a necessidade dos membros da cadeia em prever o consumo, a fim de não deixar o mercado interno e externo desabastecidos no futuro. Dessa forma, o objetivo principal do trabalho foi prever a demanda ou consumo interno de café torrado e moído juntamente com a demanda de café solúvel no mercado brasileiro. Para isso, tomou-se diversos métodos de Séries Temporais. Selecionou-se aqueles que apresentaram em conjunto menores erros, melhores resultados estatísticos, e melhor ajustamento aos dados – os métodos de Dupla Suavização Exponencial, Análise de Tendência Quadrática e ARIMA (2, 2, 5). Logo após, utilizando-se de uma média aritmética simples dos resultados previstos por cada um dos métodos que apresentaram melhor desempenho, construiu-se um novo método chamado de Combinação. Esse novo método foi escolhido para realizar a previsão da demanda de café para os anos seguintes, por ter apresentado o menor Desvio Médio Absoluto (MAD), ou seja, um melhor desempenho se comparado com os três métodos individuais. Dessa forma, um outro objetivo – verificar se a Combinação apresentava melhor desempenho que o melhor método individual selecionado, considerando-se a estrutura de dados presente na série histórica da demanda de café – também foi atingido. Procurou-se verificar, também, como terceiro objetivo, se a combinação poderia diminuir o risco da previsão em função da diminuição da variabilidade dos erros e dos riscos associados à escolha do método. Concluiu-se com base no presente estudo, que ela diminuiu o risco da previsão, pois apresentou a menor variabilidade (desvio-padrão) dos erros.

Palavras chave: Previsão de demanda; Café; Séries temporais; Combinação de métodos

ABSTRACT

The Brazilian coffee sector was strongly regulated until the end of the 80s with the intention to avoid the coffee falling prices in the international market through the offer control. The domestic market was residually treated, what, in part, justified the low domestic consumption. After this sector was deregulated, characteristics like lower costs, bigger differentiation and better quality of the coffee became the key to survival. Since then, the domestic consumption raised fast, and it increased the necessity of the chain members to forecast the consumption not to let the domestic and external market in short supply in the future. Thus, the work main objective was to forecast the demand or the domestic consumption of the soluble coffee and regular grind coffee in the Brazilian market, and to do that lots of Time Series methods were used. Those that presented fewer mistakes, better statistics results and better data adjustment were selected – the Double Exponential Smoothing, Quadratic Trend Model and ARIMA (2,2,5) methods. After that, using a simple arithmetic average of the results, foreseen by each one of the methods that presented better performance, a new method called Combination was built. This new method was chosen to forecast the coffee demand for the following years because it presented the lowest Medium Absolute Deviation (MAD), that is, the best performance compared to the three individual methods. This way, another objective was achieved, that was to verify if the Combination presented a better performance than the best individual selected method, considering the data structure present in the coffee demand historical series. As a third objective it was verified if the Combination could reduce the forecast risk due to the variability reduction of mistakes and risks related to the choice of the method. Based on the present study, it was concluded that it reduces the forecast risk because it presented the lowest variability (standard deviation) of mistakes.

Key Words: Demand forecast; Coffee; Time Series; Combination of methods.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Furtado (1986), a cultura do café foi introduzida no Brasil no início do século XVIII, tendo a finalidade de atender somente ao consumo local, mas no final do século XIX assumiu importância comercial devido às condições econômicas ideais que surgiram para o seu cultivo. No fim desse mesmo século, o Brasil já produzia 75% de toda a oferta mundial de café.

No início do século XX, as exportações de café chegaram a representar, aproximadamente, 50% da pauta de exportação brasileira, alcançando o pico em 1924, ano em que atingiu 76%. Até a década de 60, ele continuou sendo o produto nacional mais exportado. Nas décadas de 70, 80 e 90, entretanto, devido à diversificação da pauta de exportação brasileira, o café perdeu continuamente sua participação na mesma (Bacha, 2004).

Se por um lado as condições para o aumento da oferta eram ideais, por outro, o mercado tinha uma capacidade de absorção bastante baixa dessa produção. Tal fato ocorria devido, principalmente, a baixa elasticidade-preço da demanda apresentada pelo café, o que implicava que os excessos de produção não pudessem ser absorvidos pelo aumento da demanda, via queda de preços no mercado internacional (FURTADO, 1986). Dessa forma, problemas relacionados à superprodução, queda do preço do produto no mercado internacional e a perda de rentabilidade dos cafeicultores fizeram surgir demandas pela regulamentação do mercado.

Já em 1906, a idéia de regular o setor, tendo como intuito forçar a valorização do preço do café no mercado internacional, foi posta em prática com a assinatura do Convênio de Taubaté no qual foram definidas as bases da “política de valorização do café”, sendo este, o marco inicial de uma série de intervenções estatais no setor para comprar excedentes do produto e que se sucederão ao longo de todo o século XX.

As intervenções estatais no mercado trouxeram problemas para o setor cafeeiro. De acordo com Saes (1995), a preocupação do governo com a expansão e controle da produção, e não com a melhoria da qualidade do café, acabou por gerar uma imagem negativa do café brasileiro no exterior, ocasionando a perda de mercado para outros países produtores.

Em relação ao consumo interno, a partir de 1961, com a Campanha para o Aumento do Consumo do Café, o Governo passou a utilizá-lo para eliminar o excesso de oferta do produto no mercado internacional. As intervenções estatais na indústria de torrefação e moagem, através de medidas como a concessão de subsídios, o tabelamento de preços e controle de aberturas de novas firmas, entre outras, impediram que a competição no setor ocorresse

através do controle de custos, diferenciação de produtos, qualidade e preços. A estratégia usada pelas indústrias de torrefação, diante do tabelamento de preços, fora a fabricação de dois tipos de café: um tabelado e outro de “combate”, com custos de produção mais baixos e maior lucratividade, em função de sofrer torra mais intensa para disfarçar a mistura que existia com outros produtos. A consequência dessas políticas foi à diminuição do consumo nacional do café durante o período que o mercado esteve regulamentado.

A regulamentação interna do setor cafeeiro perdurou até o início da década de 90, quando duas medidas selaram o seu fim. A primeira foi à extinção do Instituto Brasileiro do Café (IBC), libertando, assim, a cadeia agroindustrial do café das amarras do órgão regulador (COSTA, 2003). Em 1992 veio a segunda medida, colocando fim ao tabelamento de preços que existia até então. A partir desse momento, a redução de custos, a diferenciação de produtos e a melhoria da qualidade do café passaram a ser as formas existentes para competir e sobreviver no setor. Como fruto dessas medidas, o consumo interno começou a aumentar em ritmo acelerado a partir de 1989.

Em relatório divulgado pela Associação Brasileira das Indústrias de Café (ABIC) em 2006, a indústria de café solúvel e de torrado e moído haviam consumido, aproximadamente, 15,5 milhões sacas de café em 2005, representando um aumento de 3,96% em relação a 2004 (ABIC, 2006). Segundo o último relatório divulgado em março de 2007, pela mesma instituição, o consumo interno de café em 2006 já havia atingido a marca de 16,33 milhões de sacas de café, representando um crescimento de 5,10% em comparação com o ano de 2005. Em relação ao ano de 1990, quando o consumo chegou a 8,2 milhões de sacas, o aumento foi de 99,2 % em 16 anos, ou seja, quase dobrando nesse período (ABIC, 2007).

Dessa forma, mediante o crescimento observado, a previsão do consumo interno de café torna-se fundamental para todos os membros da cadeia agroindustrial do café, a fim de evitar novos problemas de desabastecimento ou superprodução. Em relação às indústrias de café solúvel, torrado e moído essa previsão é importante para que possam planejar sua capacidade produtiva e gerencial para o futuro. Para o setor produtor de grãos, que exporta esse produto para o mercado internacional e ainda o fornece como matéria-prima para as indústrias processadoras de café no Brasil, a previsão é importante para que se possa planejar o plantio e suprir com qualidade o mercado.

1.1 Objetivos

Com o elevado crescimento do consumo interno de café verificado principalmente após a desregulamentação do mercado, o objetivo principal deste trabalho foi prever a demanda interna de café solúvel e café torrado e moído, através da utilização de métodos de séries temporais.

Pretende-se, de maneira específica neste trabalho:

- selecionar os métodos de previsão mais adequados para se realizar a previsão, utilizando-se como critérios de escolha as características, o desempenho (apresentação de menores erros) e os resultados estatísticos apresentados por cada um deles.
- verificar se a utilização de uma combinação dos métodos de séries temporais selecionados apresentaria melhor desempenho e resultados estatísticos do que os métodos individuais escolhidos para tomar parte dela, considerando-se um determinado período de tempo;
- verificar se a escolha da combinação de métodos ofereceria um menor risco associado à previsão, ou seja, se o desvio-padrão dos erros apresentados pela combinação seria menor do que o desvio apresentado por cada método individual selecionado.

1.2 Justificativa

Segundo Waddell *et al.* (1994), os gerentes trabalham inseridos em um ambiente turbulento, ou seja, que muda a todo o momento e de maneira imprevisível. Num contexto como esse, muitos gerentes tomam decisões sem saber o que acontecerá no futuro. Estoques são encomendados e novos equipamentos são adquiridos sem saber qual será a demanda futura pelo produto; e novos investimentos são realizados sem saber se trarão lucros ou não. Num ambiente como esse, boas previsões são itens essenciais para que se tenha um bom gerenciamento. Sanders (1995) afirma que o processo de previsão organizacional é um processo de estimação de futuros eventos para propósitos de planejamento e tomada de decisão. Previsões são usadas para planejar produção, realizar orçamentos de capital e alocar recursos em programas. Especificamente sobre a previsão de vendas, Mentzer *et al.* (1984) afirmam ser ela um dos mais importantes e cruciais aspectos de uma companhia. Wacker *et al.* (2002) expressam que sem elas não se poderia planejar a capacidade de produção e trabalho necessárias no longo prazo para atender a aumentos de demanda.

Em relação à cadeia produtiva do café, devido ao contínuo crescimento do consumo interno desse produto observado pós-desregulamentação, vem sendo exigido, estrategicamente, de cada um de seus membros, planejamento e adequação constante de sua capacidade de produção e gerencial, para não deixar nem o mercado interno desabastecido de café solúvel, torrado e moído, e nem o mercado externo desabastecido de grãos de café verde, produto que ainda possui grande participação na pauta de exportações do Brasil.

O desabastecimento do mercado externo poderia fazer com que, em primeiro lugar, ocorresse perda de parcela do mercado já conquistado pelo produto e, em segundo lugar, perda das oportunidades que estão surgindo com o crescimento da demanda de “cafés especiais” e de qualidade superior em todo o mundo. Nesse segmento, o Brasil tem a vantagem de possuir uma grande diversidade de climas e solos para melhor produzi-los. Já o desabastecimento interno poderia colocar por terra todos os esforços realizados visando à recuperação desse mercado após, principalmente, a ocorrência da volta da competição ao setor.

Dessa forma, a previsão do consumo interno de café pode ser considerada como informação importante para municiar o planejamento estratégico de cada um dos membros da cadeia produtiva do café. É importante para as indústrias de torrefação e moagem e de café solúvel, a fim de que possam planejar investimentos nas plantas já existentes ou em novas plantas. É importante também para o setor produtor de grãos de café, principalmente devido à existência de um período aproximado de 4 anos entre a decisão de investir e a obtenção da colheita máxima do produto.

1.3 Limitações e contribuições

Os métodos de séries temporais se baseiam nos valores passados da própria variável que se quer prever ou nos erros passados entre os valores previstos e valores observados. Segundo Makridakis *et al.* (1998), o objetivo desses métodos é descobrir o padrão histórico que existe nos dados e projetar esse padrão para o futuro.

Makridakis (1989) afirma, entretanto, que existem muitos fatores que podem deteriorar o desempenho de uma previsão que só se utiliza de um único método individual, o que acaba colaborando para aumentar o tamanho de seus erros. Dentre alguns desses fatores ele cita justamente a instabilidade ou mudanças nos padrões ou relacionamentos dos dados, pois os modelos estatísticos assumem que os padrões e relacionamentos dos dados são constantes, o que é raro de acontecer no mundo real, devido à ocorrência de eventos especiais como moda, ciclos etc..., que trazem mudanças sistemáticas e introduzem erros não aleatórios na previsão.

Por esse motivo, uma das limitações desse trabalho está no fato de que os resultados apresentados são válidos para o padrão de dados disponível no momento. Se esse padrão começar a se alterar, outros métodos individuais podem passar a apresentar melhores desempenhos para realizar a previsão, e a combinação desses métodos poderia não mais ser a mesma que foi obtida nesse trabalho.

Uma outra limitação do trabalho está na escolha de uma média aritmética simples entre os valores dos melhores métodos individuais para se obter o valor previsto pela combinação. Os pesos dados a cada método na combinação, portanto, foram iguais. Porém, podem-se testar outras combinações de pesos e verificar se não existiria uma outra que melhoraria mais ainda o desempenho da previsão.

Como principal contribuição desse trabalho, está a apresentação de uma estratégia que pode ser utilizada para diminuir, principalmente, os riscos associados quando se escolhe apenas um método individual para se realizar a previsão.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos, incluindo esta introdução. No Capítulo 2 foi realizado estudo a respeito do setor cafeeiro no Brasil, procurando dividi-lo em dois momentos históricos distintos para se analisar a evolução do consumo interno de café: o setor cafeeiro regulamentado e o setor cafeeiro sem regulamentação. Neste capítulo são estas as divisões: o setor cafeeiro no Brasil, o marco inicial da regulamentação do mercado, a regulamentação do setor cafeeiro de 1906 a 1930, a regulamentação do setor cafeeiro de 1930 a 1950, a regulamentação do setor cafeeiro de 1950 a 1989, os efeitos da regulamentação sobre a demanda interna e externa de café, e o setor cafeeiro sem regulamentação. No Capítulo 3 foi realizada uma revisão bibliográfica sobre Previsão. Ele está dividido da seguinte forma: a importância da previsão, tipos de métodos de previsão, a escolha do método ou métodos de previsão, a combinação de métodos de previsão, e medidas e erros de previsão. O Capítulo 4 apresenta a Metodologia utilizada para desenvolver o trabalho, estando nesse capítulo presente as seguintes partes: classificação da pesquisa, modelos de pesquisa utilizados, coleta e tratamento dos dados, e etapas da pesquisa. O Capítulo 5 apresenta a Discussão e Análise dos Resultados. Ele está dividido em coleta e tratamento dos dados, métodos de séries temporais exceto ARIMA, método ARIMA, e combinação dos métodos selecionados. E, no Capítulo 6, são apresentadas as Conclusões e Sugestões para trabalhos futuros.

2 O SETOR CAFEIEIRO NO BRASIL

A economia cafeeira, segundo Furtado (1986), surgiu da necessidade do Brasil voltar a se desenvolver na segunda metade do século XIX, porquanto esta já vinha estagnada desde o início do século XVIII. Esta situação piorou bastante a partir da segunda metade desse mesmo século, com o acirramento da concorrência e a perda de participação de mercado das principais culturas de exportação brasileiras à época – o açúcar e algodão.

Apesar da cultura do café ter sido introduzida no Brasil no início do século XVIII, tendo a finalidade de atender somente o consumo local, ela assumiu importância comercial ao final do século XIX, devido ao crescimento de seu plantio, incentivado com a alta de preços internacionais, provocada pela desorganização da colônia do Haiti, o grande produtor de café até então. Outros fatores que contribuíram para o aumento da produção interna desse produto no final do século XIX foram:

- a destruição dos cafezais no Ceilão, na África, vitimados por pragas (FURTADO, 1986);
- o desenvolvimento do mercado americano, após a independência dos Estados Unidos, o que possibilitou que esse país se tornasse um grande importador de café (ORMOND *et al.*, 1999);
- a grande oferta de crédito interno nesse período, o que proporcionou abundância de financiamentos para o plantio de novos cafezais. Ela também provocou forte depreciação do câmbio, o que fez aumentar a rentabilidade dos exportadores em moeda local (FRITSCH, 1980a).
- a farta disponibilidade de mão-de-obra proporcionada pela grande entrada de imigrantes italianos e pelo recente desenvolvimento ferroviário do oeste do Estado de São Paulo (FRITSCH, 1980a);
- a falta de outras opções de investimentos que fossem tão rentáveis quanto o investimento no mercado cafeeiro (FURTADO, 1986);
- o fato de ser a cultura do café perene e ter alto custo de investimento. Um cafeeiro, no início do século, levava de 4 a 5 anos para atingir maturação completa, sendo que a produção máxima só era alcançada com 9 anos. Isso fazia com que a oferta reagisse lentamente aos estímulos do mercado (oferta inelástica no curto e médio prazo), ou seja, “um período de preços altos estimularia a produção por vários anos até que a oferta reagisse”. Dessa forma, o mercado do café funcionava com baixas barreiras à

entrada e altas barreiras de saída, em função dos altos investimentos já realizados (SAES, 1995);

- a grande rentabilidade proporcionada em razão dos altos preços do café no mercado internacional. Os lucros no setor eram extraordinários ou supranormais, o que fazia com que cada vez mais produtores fossem atraídos para o setor (FURTADO, 1986);
- as excelentes condições naturais, principalmente em relação ao solo e ao clima do Brasil (ORMOND *et al.*, 1999).

Se pelo lado da oferta as condições econômicas eram ideais para a expansão do cultivo do café no Brasil, pelo lado da demanda, entretanto, a capacidade de absorção da produção era limitada. Tal fato ocorria em razão da demanda do café ter uma baixa elasticidade-preço, fazendo com que variações nos preços desse produto causassem pequenas variações na quantidade consumida internacionalmente. Isso implicava, que, no curto prazo, o excesso de produção não pudesse ser absorvido pelo aumento da demanda via queda de preços no mercado internacional (FRITSCH, 1980a).

Saes (1995) afirma que, justamente em razão de suas próprias características naturais, o mercado cafeeiro era altamente instável. O motivo principal era o mau funcionamento do mecanismo de auto-regulação desse mercado via ajustes de preços. Os baixos preços, destarte, eram ineficientes como mecanismo para forçar a queda da oferta e o aumento da demanda em situações de superprodução.

2.1 O marco inicial da regulamentação do mercado

No final do século XIX, alguns acontecimentos fizeram com que o setor cafeeiro começasse a se deparar com o problema da volatilidade dos preços dessa *commodity* no mercado internacional. A crise de 1893 nos Estados Unidos e a depressão mundial de 1897 derrubaram os preços do café de 4,09 libras por saca em 1893 para 1,48 libras em 1899. O governo, através de desvalorizações cambiais, tentou manter a rentabilidade dos cafeicultores nesse período. Entretanto, as sucessivas desvalorizações da moeda nacional encareceram os preços dos produtos importados no mercado brasileiro, o que fez aumentar a inflação interna e acabou por gerar descontentamentos e pressões sociais. Um outro problema era que as desvalorizações, ao manter a rentabilidade dos cafeicultores, faziam com que se continuassem gerando incentivos ao plantio e produção do café. Esses dois eventos, associados a grande safra do café colhida nos anos de 1896/1897, ocasionaram, dessa forma, a primeira crise de

superprodução. Esse excesso de oferta causou, conseqüentemente, uma queda acentuada dos preços desse produto (FURTADO, 1986; BACHA, 2004).

“Desde que, a partir de 1896, começaram a se verificar maiores safras de café, a lucratividade do setor caiu sensivelmente. O súbito aumento da produção paulista havia feito com que os estoques visíveis mundiais do produto crescessem de uma média de 2,8 milhões de sacas, no período 1890-96, para 6 milhões de sacas em 1897-1900, acarretando uma queda de 50% em seu preço internacional” (Fritsch, 1980a, p. 267).

Em 1901, a grande safra colhida fez aumentar os estoques mundiais de café para 11,3 milhões de sacas, revertendo expectativas do Governo de que o volume de produção se estabilizaria aos níveis alcançados no início do século. O Governo, diante desse fato, segundo Fritsch (1980a), não somente deixou de alterar sua posição de permitir as forças do mercado agirem livremente, como concordou que o câmbio se valorizasse, diminuindo ainda mais a lucratividade do setor cafeeiro.

De 1901 até 1904, as pequenas safras do café aliadas à estabilidade cambial conseguida esfriaram o debate sobre o problema da cafeicultura. Entretanto, em 1905, uma forte apreciação cambial ocorreu, o que fez com que o preço do café caísse a níveis de 1902, em moeda nacional. Tal fato reacendeu as pressões dos cafeicultores pela necessidade de intervenções no mercado em defesa pelo aumento dos preços internacionais do produto.

Diante da impossibilidade do governo apelar para a desvalorização do câmbio para defender a rentabilidade dos cafeicultores, apelou-se, devido ao aumento de pressões dos fazendeiros, pela ajuda estatal, isto é, para a idéia de se retirar os excedentes do mercado a fim de se reduzir a oferta e, com isso, elevar os preços do café no mercado internacional.

Furtado (1986) afirma que pelo fato do Brasil possuir condições excepcionais para o cultivo do café, foi proporcionado aos empresários brasileiros a oportunidade de controlar três quartos da oferta mundial desse produto, o que possibilitou a manipulação da oferta e dos preços internacionais.

A lógica econômica da política de valorização do café adotada, inicialmente, com o Convênio de Taubaté de 1906 até o início da década de 60, se baseou justamente nesse poder de mercado adquirido pelos produtores nacionais, que passaram a atuar como uma firma oligopolista dominante.

Segundo Saes (1995), o principal motivo que fez surgir demandas pela regulamentação do mercado fora, de fato, a superprodução, a queda do preço do produto no mercado internacional e a perda de rentabilidade dos cafeicultores. Entretanto, outros motivos foram

alegados pelos cafeicultores para que a intervenção no mercado fosse tomada. Entre elas, pode-se citar:

- a concentração das compras nas mãos de poucos exportadores acabou formando um oligopsonio pelo lado da demanda. Esses poucos exportadores utilizavam-se do poder de mercado para especular. Estocavam o produto - aproveitando-se do ciclo bianual da colheita do café - no ciclo de alta produção. Posteriormente, vendiam o café no ciclo de baixa produção, lucrando com a alta de preços nesse período;
- ausência de transparência no processo de classificação do produto na Bolsa de Nova York.

A mesma autora alude que a idéia da regulamentação surgiu como pretexto para se coibir os lucros extraordinários dos importadores e estabilizar os preços e a produção, proporcionando uma melhor alocação de recursos e um melhor desempenho econômico.

Segundo Furtado (1986), “a idéia de retirar do mercado parte desses estoques amadureceu cedo no espírito dos dirigentes dos Estados cafeeiros, cujo poder político e financeiro fora amplamente acrescido pela descentralização republicana”. Saes (1995) afirma que, a partir de 1899 até 1906, a cada sessão legislativa, pelo menos 1 projeto de lei era proposto no Congresso com o objetivo de ajudar a cafeicultura. Em 1905, por exemplo:

“[...] delegados dos principais Estados produtores conseguiram obter empenho do Presidente da República na passagem de um projeto de lei autorizando garantia federal a empréstimos estrangeiros contratados pelos Estados com a finalidade de financiar esquemas de valorização” (FRITSH, 1980a, p. 269).

Em 1906, finalmente, a idéia de regular o setor, tendo como intuito forçar a valorização do preço do café, foi posta em prática com a assinatura do Convênio de Taubaté, no qual ficou ajustado que seriam adotadas as seguintes medidas que iriam regulamentar o setor cafeeiro (FURTADO, 1986):

- intervenção estatal no mercado para comprar excedentes do produto;
- as compras deveriam ser financiadas através de empréstimos estrangeiros;
- os pagamentos desses empréstimos se daria com a criação de um novo imposto cobrado sobre cada saca exportada de café;
- adoção de medidas, por parte dos governos estaduais, para desencorajar o plantio do produto.

2.2 A regulamentação do setor cafeeiro de 1906 a 1930

Com o Convênio de Taubaté, celebrado em 1906, foram definidas as bases da “política de valorização do café”, sendo este o marco inicial de uma série de intervenções estatais no setor, que se sucederão ao longo de todo o século XX.

Segundo Fishlow (1979), a recuperação dos preços do café e da renda do setor cafeeiro “provavelmente desempenhou um papel significativo a partir de 1905. A demanda por produtos têxteis, e mais genericamente, por produtos industriais, estava provavelmente intimamente relacionada ao destino do setor cafeeiro, assim como a própria taxa de crescimento industrial”.

Abreu (1999), entretanto, ao comentar a respeito dessas intervenções, que se traduziram nas políticas de valorização do café, afirma que essa política era viciada, pois não se tratou de controlar de forma adequada a expansão da área plantada. Furtado (1986) afirma que o principal problema era que, ao manter os preços firmes, os lucros também se mantinham elevados, o que acabava atraindo cada vez mais investimentos para o setor e, conseqüentemente, gerava-se uma oferta sempre crescente.

A situação se agravava quando ocorriam crises externas. De acordo com Fritsch (1980a), no segundo trimestre de 1907, por exemplo, ocorreu forte recessão nos Estados Unidos, que logo se transmitiu para o mercado de Londres. Houve forte diminuição das receitas de exportação, fruto da contração da demanda e queda do preço da borracha, produto cujo destino de 90% das exportações brasileiras era para o mercado americano e inglês. Além disso, ocorreu forte paralisação dos fluxos de financiamentos e empréstimos externos. Particularmente, os preços do café não foram afetados, pois a safra de 1907 fora pequena. O Banco do Brasil, mesmo com a redução dos valores exportados e do estancamento da entrada de capitais externos, conseguiu manter a taxa de câmbio estabilizada. O mesmo, entretanto, não se pode dizer da política de valorização do café, que dependia fortemente de financiamentos internacionais. O quadro se agravou em função dos importadores terem financiado a compra e estocagem do café descontando certificados de depósito (*warrants*) emitidos pelos Estados produtores no Brasil em bancos americanos e europeus. Com a retração do crédito mundial e, conseqüentemente, aumento da dificuldade de desconto desses títulos de crédito comercial nos bancos, os importadores começaram a vender o café no mercado, aumentando a oferta e causando grande queda de preços desse produto. Não tardou para que surgissem novas demandas intervencionistas por parte dos Estados produtores de café.

“Em agosto, o legislativo paulista solicitou a garantia do Governo federal a um empréstimo de 15 milhões de libras para consolidar as dívidas da valorização, limitou a quantidade de café a ser exportada anualmente no futuro e aprovou a elevação da sobretaxa de exportação de 3 para 5 francos por saca para proporcionar garantia adicional ao novo empréstimo. O apoio federal foi tornado público em outubro, o Congresso aprovou a concessão de garantia da união e o empréstimo foi lançado em dezembro” (FRITSCH, 1980a, p. 280).

A condição dos banqueiros internacionais para concessão do empréstimo fora que a administração das vendas do estoque de café passasse a ser controlado por um comitê internacional com sede em Londres. Indiretamente, portanto, tanto os preços do café quanto a geração de divisas brasileira passaram a ser controladas no exterior, formando um verdadeiro “*truste do café*”.

Essas medidas obtiveram sucesso e o preço do café se manteve alto até 1912. Porém, entre 1911 e 1912, Estados Unidos, Alemanha e França absorviam, em conjunto, 70% das exportações de café. Devido a esse poder de mercado, começaram a surgir nesses países consumidores pressões contrárias à política de valorização, principalmente devido às disposições oriundas da legislação antitruste americana. O Comitê Internacional de Valorização anunciou, em janeiro de 1913, toda a venda do estoque retido, fato que encerrou o primeiro esquema de valorização do café e pôs fim ao aumento de preços do café que se iniciara em 1910 (FRITSCH, 1980a).

Saes (1995) afirma que, devido ao descontentamento existente nos mercados consumidores, nessa época é que teve início a concorrência do café colombiano frente ao brasileiro, pois os EUA começaram a investir em plantações naquele país.

Em 1920, as exportações tiveram forte desaceleração. O Governo Epitácio Pessoa recorreu, como em outras vezes, ao mercado de capitais de Nova York e a um plano de retenção de estoques de café. O influxo de capitais, a recuperação dos preços do café e a redução das importações causada pelo colapso cambial diminuíram o ritmo das desvalorizações cambiais a partir de 1921 e amenizaram a crise.

Em 1922, assume Arthur Bernardes, que apresentou como um dos pontos do seu programa de política econômica “O Plano de Defesa Permanente do Café”, que segundo Fritsch (1980b), “[...] institucionalizava a intervenção federal na sustentação dos preços do produto através do controle do nível de estoques visíveis em Santos, por um sistema de retenção dos excedentes em armazéns reguladores a serem construídos no interior do Estado de São Paulo”.

A evolução dos preços do café era fundamental em função do baixo nível atingido de capacidade de importação causado pela queda de reservas, e as pressões que tal fato exercia sobre a taxa de câmbio. A viabilidade desse plano, cujo objetivo principal então era a revalorização e a estabilização cambial, devido à impossibilidade de obtenção de empréstimos externos à época, se deu com a concessão dada ao Banco do Brasil para funcionar como um verdadeiro banco emissor de moeda, ou seja, como um banco central, e pelo retorno do Brasil ao padrão-ouro.

Para Abreu (1999), a obtenção de financiamentos externos era vital para financiar a valorização do café e tornar menos difícil a estabilização cambial, além de ser opção mais plausível politicamente do que o envolvimento direto do governo nesses empréstimos. O problema, segundo Saes (1995), é que o controle do estoque de café demandava cada vez mais financiamentos.

Mas diante da impossibilidade de se obter tais financiamentos, segundo Fritsch (1980b), a viabilização se deu, portanto, concedendo-se ao Banco do Brasil poder exclusivo de emissão de moeda, as quais deveriam, por sua vez, ser lastreadas parte por ouro e parte por títulos comerciais. Tal medida tornou possível que os conhecimentos de depósito, emitidos pelos armazéns, como títulos de crédito comerciais que eram, pudessem ser aceitos como base para a emissão de notas pelo Banco do Brasil, o que viabilizou o Plano de Defesa financeiramente. Quanto a impossibilidade de conseguir empréstimos externos, o autor oferece o seguinte argumento como explicação:

“[...] já em 1922 quando começaram a se fazer sentir os efeitos da intervenção de 1921 sobre os preços, os veementes protestos dos torradouros americanos foram endossados pelo Secretário de Comércio, que se empenhou pessoalmente em bloquear empréstimos que se destinassem ao financiamento da valorização no mercado de Nova York como forma de combater o “monopólio brasileiro” (FRITSCH, 1980b, p. 770).

Este plano, porém, não obteve sucesso e, em 1923, devido a fortes pressões sobre a taxa de câmbio e a grande dívida de curto prazo do Tesouro, só restou ao Governo federal tentar obter empréstimos externos para atingir o objetivo pretendido e sair da crise. O empréstimo acabou não sendo concedido por uma decisão política do governo inglês de embargar lançamentos de títulos de governos estrangeiros em Londres, sob pretensão de fortalecer a Libra e preparar a volta da Inglaterra ao Padrão-Ouro.

Porém, a economia brasileira continuava a apresentar sérios problemas. O primeiro deles era uma inflação crescente e o seu impacto negativo na sociedade. Creditava-se a alta de preços como sendo reflexo, principalmente, da política monetária expansiva colocada em prática

através das emissões desenfreadas de moeda pela carteira de redesconto do Banco do Brasil. O segundo era a situação do balanço de pagamentos, pois o crescimento das exportações de café em 1924, incentivado pelo esquema de valorização, fora acompanhado, em contrapartida, por um crescimento das importações, o que manteve o câmbio valorizado.

Em vista dos problemas, o presidente Arthur Bernardes, influenciado por políticos defensores da ortodoxia em matéria de política financeira, decidiu optar por uma política monetária contracionista, visando à neutralização das expansões da base monetária do Banco do Brasil, realizadas em 1924, e, assim, tentar solucionar o problema da inflação. A outra medida, que atingiu diretamente o setor cafeeiro e estava intimamente relacionada com a primeira, foi a decisão de transferir a responsabilidade do financiamento e controle da sustentação do café para o Estado de São Paulo (FRITSCH, 1980b).

Furtado (1986) afirma que entre 1925 e 1929, devido às políticas de valorização, a produção de café cresceu quase 100%. As exportações, por outro lado só conseguiam absorver dois terços dessa quantidade. O motivo era que:

“[...] a grande elevação da renda per capita, ocorrida nos EUA nos anos 20, deixou inalterável o consumo de café nesse país, não obstante os preços pagos pelo consumidor se tenham mantidos estáveis. Durante os anos de depressão, os preços pagos pelo consumidor chegaram a baixar 40 por cento, sem que o consumo apresentasse qualquer modificação significativa” (FURTADO, 1986, p. 189).

Segundo Fritsch (1980b), as intervenções no café ocorriam, às vezes, para proporcionar o bem-estar geral e não tão-somente o interesse dos cafeicultores. Tal afirmação fica clara com a seguinte citação:

“[...] a evidência apresentada neste artigo lança dúvidas, mais uma vez, sobre interpretações ingênuas que atribuem aos interesses do café o controle absoluto do aparelho de Estado na primeira República. As mudanças de política econômica de 1924 não podem ser consideradas, de modo algum, como tendo sido favoráveis aos interesses do café ou de São Paulo e, de fato, foram realizadas apesar deles” (FRITSCH, 1980b, p.774).

A intenção, segundo o mesmo autor, não era só proteger os produtores de café, mas também evitar uma forte recessão no mercado interno e suas graves conseqüências sociais.

Saes (1995), entretanto, possuindo posição contrária, alega que as medidas de política econômica, tomadas durante a República Velha, embora possam ter beneficiado até outros interesses, foram “alegradamente adotadas em defesa do café”. O que se almejou com o Convênio de Taubaté foi proteger os produtores das quedas de preço. Já a partir do Plano de

Defesa Permanente do Café, o objetivo fora se aproveitar de uma situação de um quase-monopólio pelo lado vendedor para se auferir lucros extraordinários.

Abreu (1999), possuindo opinião divergente de Fritsch (1980a), afirma que, em função da “posição política extremamente poderosa da oligarquia cafeeira, o principal objetivo era o de assegurar a manutenção dos preços do café em mil-réis, em nível elevado e estável”. O objetivo era impedir a queda da renda dos cafeicultores, o que era conseguido através das políticas de valorização do café e de estabilização do mil-réis.

Consoante com o pensamento de Saes (1995) e Abreu (1999), também está Furtado (1986) para quem, desde o sucesso da primeira intervenção realizada com o Convênio de Taubaté “o êxito financeiro da experiência veio consolidar a vitória dos cafeicultores que reforçaram seu poder, e por mais um quarto de século, isto é, até 1930, lograram submeter o governo central aos objetivos de sua política econômica”.

2.3 A regulamentação do setor cafeeiro de 1930 a 1950

Em 1927-1928, o Brasil, segundo Abreu (1999), recebeu fluxos externos, e tanto a valorização do café quanto a estabilização do câmbio foram mantidas. Por esse motivo, entre 1927 e 1929, foram realizadas as maiores inversões em estoques, pois esse período foi marcado por fortes entradas de capital externo (FURTADO, 1986).

O problema gerado pelo fato do financiamento do esquema da valorização do café ser realizado através de empréstimos externos era, segundo Fishlow (1979), a utilização de divisas estrangeiras para se adquirir importações, o que contraia continuamente os balanços comerciais a partir de 1924 e mantiveram a taxa de câmbio firme. A conseqüência é que ela acabava “reforçando a produção interna de café; além disso, ela evitava a realocação de recursos para fora do setor e exagerava o problema de superprodução da Grande Depressão”. Furtado (1986), complementando o pensamento de Fishlow (1979), afirma que os empréstimos externos contraídos para financiar o esquema da valorização expandiam os meios de pagamento, pois as divisas eram trocadas em moeda nacional para se pagar produtores de café. Esse aumento de renda dos cafeicultores, por sua vez, acabava gerando aumentos de importações e também aumentos de pressões inflacionárias.

Contudo, em fins da década de 20, segundo Abreu (1999), as autoridades que tratavam da política cafeeira, além de não terem sido capazes de impedir a expansão do número de cafeeiros, ainda incentivaram o aumento do plantio ao adotarem métodos de financiamento da produção baseados no valor comercial do café. A situação se tornou bastante grave com a

grande safra de 1929 e 1930, e a impossibilidade do Instituto do Café de São Paulo em levantar recursos externos ou internos para controlar o aumento da oferta.

Segundo Furtado (1986) “a grande acumulação de estoques de 1929, a rápida liquidação de reservas metálicas e as precárias perspectivas de financiamento das grandes safras previstas para o futuro, aceleraram a queda do preço internacional do café [...]”.

A consequência foi que, de 1929 a 1931, os preços caíram de 11 pence para 4 pence por libra-peso (ABREU, 1999). Ainda para o mesmo autor, a queda do preço do café, à decisão de manter a paridade cambial e à interrupção dos fluxos de capitais estrangeiros fez rapidamente as reservas em divisas se esgotarem. O Governo, por esse motivo, teve de estabelecer o controle do mercado de câmbio, que impedia, inclusive, a importação de bens não-essenciais, o que para muitos estudiosos teria beneficiado grandemente a evolução do setor industrial nacional.

Furtado (1986) afirma que entre 1929 e 1931 acumularam-se os efeitos de uma crise do lado do consumo, reflexo da contração da demanda de café no mercado americano devido à depressão de 1929; e outra pelo lado da oferta, resultante da grande safra colhida em 1929 e 1930 no Brasil. A solução encontrada pelo Governo para evitar que os estoques invendáveis provocassem ainda maiores baixas de preços foi a decisão de comprar e destruir café.

Para tentar resolver o problema de superprodução e queda de preços do café, foi criado, em 1933, o Departamento Nacional do Café (DNC), que estabeleceu quotas de retenção do café, para posteriormente serem exportadas, e quotas de café, que eram vendidas para o Governo abaixo do custo, para serem destruídas (SAES, 1995).

Segundo Abreu (1999), logo após a substituição do presidente Washington Luiz pelo Governo provisório de Getúlio Vargas, que muitos creditam ter ocorrido em função da grave crise econômica, o câmbio foi desvalorizado em 8% entre 1929 e 1930 e 42% entre 1930 e 1931, e o pagamento da dívida, suspenso.

Para Furtado (1986), então, essa situação provocou a falência do sistema de conversibilidade, o que acarretou grande desvalorização cambial, aliviando a situação do setor cafeeiro.

De 1930 a 1934, as autoridades tentaram evitar a desvalorização excessiva do mil-réis frente ao dólar e à libra. O primeiro objetivo era facilitar o pagamento dos compromissos do Governo em moeda estrangeira. O outro, era evitar a redução da receita cambial do café fruto da queda dos preços em moeda estrangeira desse produto, devido, principalmente à baixa elasticidade-preço da demanda internacional que ele possuía.

A adoção de uma política de manutenção da taxa de câmbio artificialmente mais valorizada do que a taxa de câmbio que seria determinada por um mercado livre de divisas, motivada

pela crise cambial, marcou “o abandono parcial dos objetivos classicamente duais da política cambial, pois se tornou extremamente difícil conciliar a maximização da renda dos cafeicultores com a maximização da receita cambial cafeeira”. Para ele, essa política “impedia que os cafeicultores se apropriassem dos lucros que resultariam da desvalorização do mil-réis que ocorreria não fosse a intervenção governamental no mercado de câmbio”. Como contrapartida, entretanto, a título de compensação, o Governo concedeu aos cafeicultores uma anistia de débitos bancários em 1933 (ABREU, 1999).

Em 1935, o DNC foi extinto sob pretexto de que ele já havia cumprido o seu papel estabilizador (SAES, 1995).

Em 1936 e 1937, após um curto período de liberalização do câmbio, estabeleceu-se um novo monopólio cambial, com a adoção de uma taxa única desvalorizada e controle cambial. A justificativa de tal política, dada por Vargas, fora o abandono parcial da política de valorização do café, que vinha sendo seguida desde o princípio do século (ABREU, 1999). Saes (1995) afirma que o abandono parcial da sustentação dos preços do café, decisão tomada sob forte pressão e concordância dos cafeicultores, se deu para tentar fazer com que os concorrentes passassem a negociar acordos internacionais.

Para Abreu (1999), após 1937, “o controle cambial e de importações [...] tornou-se [...] o principal instrumento de política comercial” no Brasil. Isso ocorreu porque as crises provocadas por déficits no balanço de pagamentos e escassez de fluxos de capital internacional tornaram-se uma constante, diminuindo a capacidade brasileira de honrar seus compromissos externos e de importar produtos essenciais.

Diferentemente das intervenções do setor público na economia, ocorridas até a depressão dos anos 30, a partir daí as intervenções passaram a ser feitas:

“[...] não apenas para assegurar níveis de dispêndio (e, portanto, renda e emprego) adequados no setor cafeeiro mas, inicialmente, para tentar uma aceleração no ritmo de formação bruta de capital fixo com diferenciação da estrutura produtiva da economia; vale dizer, uma realocação de recursos reais [...]” (ABREU, 1999, p. 61).

Saes (1995) afirma que a partir da crise de 1929 ocorreu um grande processo de mudança interno que fez com que o setor cafeeiro fosse deslocado do “eixo dinâmico da economia nacional”. Para ela:

“[...] a nova ordem que se estabelece nas relações internacionais implicou mudanças das regras do jogo do processo político-econômico brasileiro (a Revolução de 1930), com a recomposição da base de apoio do Estado, o que corroeu o domínio exclusivo da cafeicultura na política brasileira” (SAES, 1995, p.43).

2.4 A regulamentação do setor cafeeiro de 1950 a 1989

Na década de 50 as exportações brasileiras oscilaram muito. Esse comportamento, segundo Abreu (1999), deveu-se basicamente ao café, que representou, em média, mais de 60% das exportações totais do Brasil no período. Pelo fato das vendas do café oscilarem tanto, ainda segundo o referido autor, “não é de se estranhar que a política cafeeira estivesse no centro do debate sobre o desequilíbrio do balanço de pagamentos brasileiro e de nossas relações comerciais com o EUA, já que o café representava, em média, três quartos [...] das exportações para aquele País, no período 1950-1960”.

Em 1952, segundo Saes (1995), foi criado o Instituto Brasileiro do Café (IBC), órgão regulamentador, que tinha como objetivo definir as diretrizes da política cafeeira. Ormond *et al.* (1999, p. 8) afirma que os objetivos do IBC eram:

“[...] definir a política para o setor e controlar e coordenar a estratégia do sistema desde a produção até a comercialização interna e externa. [...] dava assistência técnica e econômica à cafeicultura e ao seu beneficiamento, controlava a comercialização tanto para consumo interno como para exportação, elaborava estudos e pesquisas que favoreciam a cultura e a economia cafeeira e executava a política econômica traçada pelo Conselho Monetário Nacional, baseando suas decisões nos dados fornecidos pelo próprio IBC, principalmente quanto a custos de produção, expectativas de exportação, níveis de produção, abastecimento do consumo interno e industrialização do produto” (ORMOND et al., 1999, p. 8).

Saes (1995) aduz que, principalmente, após a criação do IBC, o Estado passou a coordenar todo o setor cafeeiro não só para defender os interesses dos cafeicultores mas, também, para alcançar seus objetivos macroeconômicos. O poder de coerção do Estado garantia a não existência de agentes econômicos que não aceitavam a participar do jogo, o que eliminava os riscos e incertezas dos cafeicultores, garantindo-lhes lucros extraordinários, ou seja, lucros maiores que os normais, próprio de um mercado não concorrencial. As disputas que surgiam não questionavam a regulamentação, mas sim a distribuição dos lucros entre os membros da cadeia.

Em 1953, uma forte crise fez com que a política de câmbio fixo fosse abandonada e se adotasse, através da Instrução 70 da Superintendência da Moeda e do Crédito (SUMOC), o regime de taxas múltiplas de câmbio. Segundo a mesma autora, esse foi um poderoso instrumento governamental de confisco de renda do setor cafeeiro (confisco cambial), pois a partir daí a taxa de câmbio do café passou a ser CR\$ 23,32/US\$, e para os demais produtos de exportação CR\$ 28,32/US\$. Dessa forma, os cafeicultores recebiam menos que os outros

exportadores quando internalizavam e convertiam seus dólares em moeda nacional, sendo que a diferença era apropriada pelo Governo (ABREU, 1999).

Em 1953-1954 e 1954-1955, safras reduzidas serviram como se fossem políticas de valorização do café. Em função disso, Saes (1995) afirma que não houve necessidade do IBC tomar medidas que buscassem a sustentação de preços.

Em 1954, entretanto, segundo Abreu (1999), o café atingiu o seu maior preço desde então (80 centavos de dólar por libra-peso). Com os preços elevados do café no início da década de 50, incentivou-se o aparecimento de outros países produtores, pois, neste mesmo ano de 1954, a participação brasileira nas exportações mundiais (38 milhões de sacas) declinava para 39%, com os africanos atingindo participação de 20%. Além da concorrência crescente, o alto preço do café levou o Brasil a enfrentar ainda a revolta instalada nos mercados consumidores, o que fez com que a política de valorização, posta em prática desde 1945, tivesse de ser revista e atenuada.

Interessante notar, segundo Saes (1995), que, mesmo com o “confisco” cambial de parte da renda do setor cafeeiro, a grande expansão da capacidade produtiva entre 1955 e 1959 demonstrou que a cafeicultura ainda era altamente rentável.

Resende (1982), porém, afirma que, apesar dos preços elevados do café, as receitas de exportação diminuíram sensivelmente no ano de 1954, provocando déficit no balanço de pagamentos, o que obrigou o Governo a recorrer a créditos externos.

Entre 1955 e 1957, o preço do café se manteve estável em torno de 57 centavos de dólar por libra-peso. No entanto, devido ao aumento dos preços do produto no início da década de 50, existiam expectativas de safras bem volumosas, pois o preço alto havia incentivado novos plantios no Paraná e o crescimento da produção africana.

Em 1958-1959 e 1959-1960 ocorreram, de fato, grandes safras, agravando o problema de superprodução. Tal fato provocou uma redefinição das prioridades de política econômica do Governo, que passou a adotar duas estratégias. Uma delas foi colocar em prática um amplo esquema de coordenação e planejamento envolvendo todo o sistema cafeeiro nacional, ou seja, a produção rural, a indústria, a distribuição e o consumo. Outra estratégia foi procurar estabelecer acordos internacionais para que os concorrentes também passassem a arcar com os custos para estabilizar os preços do café no mercado. Essas duas medidas tomadas mostraram que o IBC agia em harmonia com a política econômica, empenhando-se em maximizar a geração de divisas (SAES, 1995).

2.4.1 A regulamentação do mercado mundial de café

Em relação ao estabelecimento de acordos, o acirramento da concorrência internacional, dessa forma, fez com que a política cafeeira do Brasil passasse a se dar via negociações diplomáticas com outros países produtores. O objetivo precípua era fazer com que os países concorrentes aderissem a acordos de restrição de oferta que impedissem a queda de preços do café no mercado internacional.

Furtado (1986, p. 183) explica o acirramento da concorrência da seguinte forma:

“mesmo que se lograsse evitar a superprodução [...], não seria possível evitar que a política de defesa dos preços do café fomentasse a produção desse artigo naqueles outros países que dispusessem de terras e de mão-de-obra em condições semelhantes às do Brasil, ainda que menos vantajosas. A manutenção dos preços a baixos níveis era condição indispensável para que os produtores brasileiros retivessem sua situação de semimonopólio” (FURTADO, 1986, p. 183).

Já em 1955, o governo do presidente Café Filho, segundo Pinho Neto (1988), determinou a suspensão temporária das compras de café. O objetivo era acabar com a política intervencionista, forçar a queda do preço do produto, eliminar produtores menos eficientes e recuperar a participação do produto nas exportações brasileiras.

Em 1957, no governo do presidente Juscelino Kubitschek “firmou-se um acordo de contenção através do qual o Brasil retiraria do mercado 20% de sua produção, a Colômbia retiraria 10% e se estabeleceriam preços mínimos para a exportação”. Em 1958, 15 países produtores formaram o Convênio Latino-Americano do Café, desta vez com o Brasil se comprometendo a reter 40%, a Colômbia 15% e os demais países 10%. Em 1959 firmou-se o Convênio Internacional do Café. O sacrifício do Brasil foi a retirada do mercado de 18 milhões de sacas (ABREU, 1999).

Segundo Saes (1995), esses primeiros convênios, que o Brasil buscava realizar desde a primeira crise na década de 30, foram mais importantes para consolidação da criação da Organização Internacional do Café (OIC) do que para obter resultados que visassem propriamente a estabilização.

O Brasil tentou até os primeiros anos da década de 60 dividir os custos da política de retenção com outros produtores, mas não conseguiu, tendo de arcar sozinho com o ônus para estabilizar o mercado. Só após 1962, com a assinatura do primeiro Acordo Internacional do Café (AIC), que outros países produtores e consumidores aceitaram dividir os custos da retenção para estabilizar o mercado (HEMERLY, 2000).

Viana (2003) alega que o objetivo dos AICs era reduzir as flutuações de preços, o que consistia de uma característica dos mercados em geral.

Saes (1995) afirma que a partir daí, ou seja, da assinatura do primeiro AIC, iniciou-se a regulamentação do setor cafeeiro a nível mundial, pois a maioria dos países produtores e também os principais países consumidores e importadores de café aderiram a esse acordo. A partir daí então, segundo a autora, legitimou-se a adoção de uma conduta típica de cartel, estabelecendo-se quotas de vendas para os países produtores e o papel fiscalizador do cumprimento dessas quotas aos países consumidores.

O último AIC assinado teve vigência de 1981 a 1989 e terminou pelo fato de se ter concedido pequenas quotas a alguns países da América Central e África e estes terem passado a negociar diretamente com os países membros a venda do café. Um outro motivo foi o “descontentamento dos países consumidores com a distorção dos preços em relação à oferta crescente e a sensível disparidade de preços e qualidade entre os cafés vendidos” (SAES, 1995).

Para Viana (2003), o fracasso do AIC em 1989 “[...] evidenciou as dificuldades intrínsecas das intervenções e controles artificiais no mercado em decorrência da existência de interesses antagônicos entre os países signatários (produtores e consumidores), conjuntamente”.

Em relação aos AICs, Ormond *et al.* (1999) afirmam que eles, ao limitarem a oferta de café verde brasileiro no mercado, atingiram de forma negativa o consumo, pois juntamente com a restrição da oferta causavam a elevação de preços.

Segundo Costa (2003), com o fim desses acordos houve grande desorganização no mercado externo e forte queda de preços do café verde. Viana (2003) afirma que no início dos anos 90 houve forte queda nos preços em função da pressão dos países produtores em aumentar suas participações no *quantum* exportado, o que gerou forte crise no setor cafeeiro e na economia brasileira.

Helfand e Resende (2001) aludem que com o fim das AICs e a abolição do IBC, em 1990, levou a um período caracterizado por preços extremamente baixos no mercado internacional.

Por essa razão, Teixeira (2000) escreve que foi tentada novamente a busca da sustentação de preços, criando-se, em 1993, a Associação dos Países Produtores do Café (APPC), cujo objetivo, como sempre, era buscar a elevação dos preços no mercado. Essa associação conseguiu reduzir drasticamente a produção, mas a geada e estiagem de 1994/95 fizeram com que ela perdesse o sentido de existir, pois provocou naturalmente a elevação dos preços do produto no mercado.

2.4.2 A regulamentação da cadeia agroindustrial do café

Quanto ao planejamento e coordenação de toda a cadeia industrial do café, é interessante a percepção de que as crises de superprodução sempre foram atacadas pelo lado da oferta. Furtado (1986), comentando a respeito da grande crise de superprodução ocorrida em 1929, explica sua ocorrência afirmando que a demanda externa se contraía pouco nas depressões e também se expandia pouco nas etapas de prosperidade, ou seja, o café apresentava uma baixa elasticidade-preço e renda de demanda. Para ele, a demanda externa de café crescia nos países industrializados lentamente, mas de maneira firme com o crescimento populacional e com a urbanização. Com a crise de superprodução dos anos 60, entretanto, o Estado passa a intervir em toda a cadeia, ou seja, a intervenção não ficou mais concentrada no setor produtor de grãos (agrícola), mas se estendeu também a todos os segmentos do setor cafeeiro.

Nas palavras de Saes (1995) e Bacha (2004), algumas medidas tomadas para coordenar a cadeia foram:

- no setor agrícola, em 1961, foi instituído o Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura (GERCA), que instituiu um Plano Diretor com os objetivos de entre 1961 e 1968 eliminar pés de café de baixa produtividade, mediante pagamento de indenização ao cafeicultor. Além disso, decidiu modernizar o setor através da concessão de financiamentos para incentivar o cultivo em áreas adequadas. O objetivo principal do Plano, dessa forma, era reduzir a produção interna de café, tornando possível o plantio de outras culturas. Ele foi bem sucedido, conseguindo reduzir o parque cafeeiro quase à metade. No fim da década de 60, devido à ocorrência de secas e geadas, e ao sucesso do Plano Diretor, o GERCA criou o Plano de Renovação e Revigoração de Cafezais (PRRC), que vigorou até 1981, e tinha como objetivo estimular a produção de café de modo racional, deslocando o parque cafeeiro para áreas de condições climáticas mais propícias e de maior produtividade.
- quanto à utilização do aumento do consumo interno do café para amenizar as crises de excesso de oferta sobre a demanda, segundo Saes (1995), este só foi utilizado com esse fim em 1961 com o lançamento, pelo Instituto Brasileiro do Café (IBC), da “campanha para o aumento do consumo de café”, que tinha finalidade de escoar a super-safra do início dos anos 60. Esta campanha teve como base a concessão pelo governo de subsídio às indústrias de torrefação e moagem visando a derrubada dos preços do café no mercado interno para, conseqüentemente, aumentar o seu consumo. As indústrias compravam o café verde com preço subsidiado e vendiam o café ao

consumidor ao preço tabelado pelo Governo. Essa campanha foi bem sucedida, e de 1960 a 1967, conseguiu aumentar o consumo interno de café em 153,14%, além de tornar o Brasil o segundo maior consumidor do mundo. Essa campanha terminou no início dos anos 70 devido à grande redução de oferta no mercado. Uma outra medida que afetou a indústria foi a Resolução 161, baixada pelo IBC com o intuito de incentivar a implantação da indústria de café solúvel no Brasil. O IBC, além de fornecer grãos de café fora de especificação para serem exportados, adquiria da indústria parte do café solúvel e o exportava. Em 1967, já eram 15 empresas de café solúvel no Brasil, que industrializavam 2,7 milhões de sacas.

É interessante observar que os formuladores de política econômica no Brasil – talvez influenciados pelas idéias de Davis e Goldberg sobre a existência de uma relação sistêmica interdependente entre os vários segmentos de um setor e também entre setores, que pertenciam ao chamado “agribusiness” – perceberam que as metas de sustentação das cotações internacionais do café só obteriam sucesso através de um planejamento sistemático de todo o setor cafeeiro (SAES, 1995). Para Hemerly (2000), “a idéia original de Davis e Goldberg era de que os problemas relacionados com o setor agroalimentar eram muito mais complexos que a simples atividade agropecuária”. Ao terem essa percepção (os formuladores de política econômica), a intervenção do Estado, visando à sustentação das cotações internacionais e a redução dos custos de retenção, se estendeu e acabou por coordenar toda a cadeia produtiva do café, ou seja, coordenar a produção rural do café, a indústria de torrefação e moagem, a indústria de café solúvel e o segmento de distribuição e comercialização.

2.5 Os efeitos da regulamentação sobre a demanda externa e interna de café

Em relação ao setor agrícola, Teixeira (2000) afirma que, durante muito tempo, o café no Brasil foi tratado como sendo um produto homogêneo. Não se procurou adquirir qualquer atributo que pudesse diferenciá-lo do café produzido pelos demais concorrentes. Em mercados onde isso ocorre, somente o preço exerce influência sobre a quantidade ofertada e demandada. Não houve interesse, portanto, com a qualidade do produto ou com qualquer diferencial que acompanhasse as mudanças de gostos e preferências dos consumidores e permitesse a formação de nichos de mercado, preços diferenciados e uma agregação maior de valor.

A consequência dessa política foi a queda crescente de participação do café verde na pauta de exportações brasileira, pois, em 1960, ele respondia por aproximadamente 36% da pauta, para nos anos 90, responder com um valor próximo de apenas 23%.

Como a adoção de medidas, buscando a diferenciação do café, demorou muito a ser tomada, a queda das exportações brasileiras de café ao longo do tempo pode ser explicada, principalmente, pelos seguintes motivos (TEIXEIRA, 2000):

- as intervenções estatais no setor para sustentar preços artificialmente elevados no mercado internacional;
- a negligência do setor privado nacional em estabelecer políticas voltadas a diferenciação do café em grãos, seja através do desenvolvimento de novos produtos, seja melhorando a qualidade ou mesmo adotando políticas de distribuição, marketing e vendas mais agressiva;
- crescimento da concorrência com a produção do café arábica suave na Colômbia, México e outros países da América Central.

Saes (1995), consoante com a idéia de Teixeira (2000), cita como possível causa para a perda de mercado a ausência de preocupação com a qualidade do café, principalmente a partir da regulamentação de toda cadeia. O estabelecimento de uma política de preços mínimos de compra dos excedentes de café (preços de garantia), bastante próximos para os vários tipos de café produzidos, desestimulava os investimentos em tratamentos culturais e demonstrava que a preocupação dos reguladores era somente com o controle da produção e não com a melhoria do produto. Essa atitude levou, ainda segundo Saes (1995), à deterioração da imagem do café brasileiro no mercado externo, pois inibiu o empresário nacional em adotar estratégias de segmentação de mercado na comercialização de seu produto. A política adotada em relação ao setor agrícola, apesar disso, foi eficiente em eliminar os produtores menos eficientes, em aumentar a produtividade e estimular a desconcentração regional.

Costa (2003) afirma que por ter o Brasil mantido ao longo dos anos a posição de maior produtor e exportador mundial de café em grãos, sendo este o setor que gerava mais divisas ao país, “a cafeicultura brasileira teve sempre suas políticas de incentivos, ou controle de produção, exportação e preços balizadas pelos acontecimentos do mercado internacional, relegando ao mercado interno papel secundário”. O mercado interno, por conseguinte, era tratado residualmente, pois em primeiro lugar se atendiam as exportações. O que sobrava – na maioria das vezes um café de pior qualidade – atendia o mercado interno.

O papel secundário conferido à indústria e ao consumo interno de café no varejo, ou seja, o papel de utilizá-los tão somente buscando a eliminação dos excessos de oferta do produto no

mercado internacional, teve início com a campanha para o aumento do consumo de café, em 1961. Essa campanha, portanto, segundo Saes (1995), determinou a marco inicial de se tentar eliminar o problema do excesso de produção incentivando o consumo interno de café.

Para a mesma autora, “as torrefadoras recebiam do IBC o café verde (homogêneo) a preço subsidiado e o repasse do subsídio aos consumidores era controlado por meio do tabelamento de preços do café torrado e moído”. Essa campanha, conforme já comentado anteriormente, fez aumentar o consumo interno de café e levou o Brasil ao posto de segundo maior consumidor mundial. O consumo *per capita* de café entre 1960 e 1965 aumentou 36,36% em função da queda de 52,57% nos preços no varejo. Em contrapartida, ela aumentou também, e de forma exagerada, a capacidade produtiva da indústria, pois, em 1959, existiam 1.358 indústrias de torrefação e, em 1966, já eram 2.860.

A década de 70, segundo Costa (2003), iniciou-se com forte redução da produção, ocorrida como reflexo da implementação da política de racionalização da agricultura voltada para erradicação dos cafezais, colocada em prática pelo IBC devido à queda do preço do café no mercado internacional no início da década de 60.

Em 1971, encerrou-se a campanha de aumento do consumo de café. A manutenção dessa campanha se tornara insustentável com a queda da safra e a restrição natural da oferta de café adotada pela política de racionalização da agricultura. A extinção do subsídio causou, automaticamente, o aumento do preço do café verde, isto é, da matéria-prima da indústria. O preço do café torrado e moído, como reflexo, começou a aumentar no mercado interno e o consumo no varejo a cair (SAES, 1995; COSTA, 2003). De 1970 a 1975, o consumo per capita de café torrado e moído caiu 31,03%, enquanto os preços do café ao consumidor aumentaram em 226%. Nos anos 80, por exemplo, o consumo *per capita* era inferior ao do início da década de 60.

Uma das explicações para essa queda, foi a substituição do subsídio, que o Governo concedia à indústria na compra do café verde, pela imposição, logo depois, do tabelamento de preços do café no varejo. Essa medida havia sido adotada sob pretexto de se controlar a inflação. A consequência dela, porém, foi que as indústrias ficaram desestimuladas e, até mesmo, de certa forma, impedidas de adotar estratégias para conquistar o mercado através da criação de diferenciais, como, por exemplo, a fabricação de um café de melhor qualidade (SAES, 1995). Outra explicação, segundo Costa (2003), foi que a pequena safra de 71 e, conseqüentemente, o não-atendimento da demanda mundial fez com que o IBC, em 1972, lançasse o Plano Trienal de Renovação e Revigoração de Cafezais (PRRC), que tinha como objetivo incentivar o plantio em áreas mais adequadas e com a utilização de técnicas modernas de

cultivo. Para incentivar os produtores a aderirem a esse Plano, entretanto, o Governo elevou o preço de garantia pago ao produtor, ocasionando um aumento no preço do café em grão - a matéria-prima para indústria - no mercado, o que refletiu em altas de preço e queda do consumo (que caiu 24% em 1972) do produto no varejo.

Além da campanha para o aumento do consumo do café, outras medidas foram tomadas pelo IBC – o órgão estatal regulador da cadeia agroindustrial do café – tendo como objetivo principal diminuir a oferta de café no mercado internacional para forçar a elevação dos preços do produto.

Em 1960, por exemplo, o IBC baixou a Resolução 161, norma de incentivo à implantação da indústria de café solúvel. O objetivo era encontrar demanda dentro do país para o café verde estocado de baixa qualidade (*grinders*) e não passível de ser exportado. Esse café era vendido a um preço subsidiado à indústria, o que incentivou a instalação de um grande número delas e acabou gerando um excesso de capacidade produtiva. Em 1967 já eram 15 as empresas que industrializavam dois milhões e setecentos mil sacas de café verde por ano (SAES, 1995). Ormond *et al.* (1999) afirmam que a partir de 1965, o desenvolvimento do parque industrial se voltou para fins de exportação, pois o consumo interno era pequeno. Esse tipo de café, produzido no Brasil com café arábica de qualidade superior ao robusta-africano e centro-americano, teve boa receptividade no mercado americano.

Em 1972, uma forte geadada provocou queda de produção e elevação dos preços do café em grãos no mercado. Tal fato, somado a elevação dos preços de garantia pagos aos produtores de café verde pelo Governo, ocasionou uma grande alta de preços do café verde vendido para a indústria, gerando o aumento do descontentamento das indústrias de torrefação e moagem que viram sua margem de lucro reduzir. O Governo, para apaziguar os ânimos, passou, então, a vender-lhes novamente café verde subsidiado (COSTA, 2003). Essa medida, segundo Saes (1995) foi fundamental para manter a competitividade dessas indústrias no mercado externo ao longo do tempo, pois as exportações desse tipo de café sofrem, principalmente, com as barreiras colocadas pelos países exportadores, além da política cambial e comercial adotada pelo Brasil.

Na década de 70, O IBC adotou também algumas medidas destinadas a modernizar a indústria de café torrado e moído. Uma delas foi a autorização para a ocorrência de fusões e aquisições no setor; outra foi a criação de linhas de crédito para modernização do parque industrial. Na década de 80, porém, foram realizados poucos investimentos no setor, que se caracterizava por um alto grau de obsolescência (SAES, 1995).

Em 1976, foi criado o Programa de Suprimento Vinculado a Exportação (PROMIVE), que tinha a intenção de garantir o fornecimento de pelo menos 1/3 do café verde colhido internamente para a indústria de café torrado e moído. Essa medida foi adotada devido às pressões dos industriais por medidas no sentido de garantir o fornecimento de matéria-prima em períodos de crise, como o marcado pela geada de 1975 (SAES, 1995). Segundo Costa (2003), esse plano também proibia a exportação dos cafés tipos 7 e 8, destinando-os completamente à indústria de café moído e torrado e indústria de café solúvel.

Uma outra medida adotada pelo IBC, em relação à indústria, foi o controle da concessão de abertura de novas empresas, que durou de 1975 a 1987. Essa medida, segundo Saes (1995), veio ao encontro das demandas das indústrias nacionais, receosas em perder participação em um mercado no qual já existia uma grande capacidade ociosa. Somente em 1978 foi concedida a primeira autorização para uma indústria estrangeira se instalar no Brasil.

Em 1977, nos EUA e na Europa aumentaram as campanhas de boicote ao consumo de café, acelerando a tendência de substituição desse produto por substitutos próximos. As medidas tomadas com o PROMIVE de 1976 fizeram o consumo interno de 1977 atingir a cifra de 7,2 milhões de sacas. As exportações, porém, alcançaram o menor nível da década de 70. Em 1978, o PROMIVE foi extinto (COSTA, 2003).

De 1981 a 1986, a recessão econômica, a falta de uma política definida para o mercado interno e a baixa qualidade do café fizeram com que o consumo caísse continuamente. O Governo, no ano de 1986, lançou o Plano Cruzado, introduziu, novamente, o congelamento de preços do café no varejo e elevou os preços de garantia pagos aos produtores de café verde, o que contribuiu para diminuir a margem de lucro das indústrias de torrefação. O Governo manteve, também, os registros de exportação fechados para forçar a alta do preço do café no mercado internacional.

Em 1989, para tentar incentivar o consumo interno, a Associação Brasileira das Indústrias de Café (ABIC) lançou o selo de pureza ABIC. A intenção era melhorar a imagem do café perante o consumidor brasileiro realizando campanhas de marketing (TEIXEIRA, 2000; SAES, 1995).

Da mesma forma que o fim das AICs selou a desregulamentação mundial do mercado de café verde, a extinção do IBC em 1990, durante o Governo Collor, possibilitou que a cadeia interna da agroindústria do café ficasse livre do seu órgão regulador. Porém, livre totalmente das intervenções estatais a indústria do café só ficou com o fim do tabelamento de preços em 1992.

Saes (1995) expressa que são dois os fatores que levaram ao processo de desregulamentação do sistema cafeeiro: o primeiro foi a crise do Estado, que “[...]atrofiou sua capacidade de decisão e sustentação de políticas públicas”; o segundo foi que “o caráter contraditório da política de sustentação de preços provocou o surgimento da crise que colocou em xeque a regulamentação”. Como um dos problemas que surgiram com o tempo, ela cita a dificuldade de coordenação do cartel. Esse problema foi causado, principalmente, por três motivos:

- surgimento de uma grande diferenciação, entre seus membros, em termos de participação relativa de cada produtor;
- o mercado ficou muito segmentado e os produtos começaram a ser valorizados de forma diferente; e
- os custos e objetivos referentes à produção, comercialização etc, se tornaram bem diferentes entre os países.

Em relação à cafeicultura na década de 80, Costa (2003) afirma que o café foi utilizado nesse período como fonte geradora de divisas necessárias a “equilibrar o balanço de pagamentos”. Houve, contudo, aumento da produtividade em função de novos plantios e melhoria dos tratamentos culturais da lavoura em decorrência do PRRC. Além disso, o Brasil recuperou sua fatia no total das exportações mundiais de café, que declinou na década de 60. Quanto ao consumo interno:

“[...] foi prejudicado pela recessão que assolou o país em alguns períodos, dificultando o acesso das camadas mais baixas da população ao café torrado e moído e ao solúvel, e também pela falta de incentivo à diversificação de produtos e à melhoria da qualidade, dado o tabelamento de preços que vigorou durante boa parte da década” (COSTA, 2003, p. 20).

Como conseqüências da regulamentação do setor industrial, Saes (1995) cita que ela acarretou às seguintes deficiências:

- baixa capacitação gerencial, pois, com o tabelamento, as empresas não precisavam controlar custos para se determinar preços;
- muitas empresas começaram a produzir dois tipos de café: o tabelado e o de combate. O café de combate era de péssima qualidade e fabricado a custos baixos, o que permitia às empresas obter uma maior margem de lucro em sua venda. Para a mesma autora, “[...] esta prática de aumentar a margem de lucro com deterioração da qualidade parece ter sido um dos fatores da diminuição do consumo nacional de café nos últimos anos [...]”;

- impedimento da ocorrência de investimentos tanto na compra de máquinas e equipamentos como na introdução de novos produtos. O tabelamento de preços tornou o produto homogêneo, inviabilizando qualquer estratégia voltada para diferenciação do produto e segmentação do mercado, o que dependeria do fornecimento de matérias-primas diferenciadas.

Contudo, o baixo consumo interno de café observado durante quase todo período no qual o mercado esteve regulado, com exceção da década de 60, não pode ser imputado somente à política econômica do Governo, pois, segundo Saes (1995), ao se fazer qualquer tipo de análise à esse respeito deve-se “ter o cuidado de perceber até que ponto outras variáveis exógenas a política de regulamentação também podem estar influenciando o seu desempenho”. A autora cita, como algumas dessas variáveis exógenas de influência, a modificação do poder de compra da população, o crescimento populacional, as transformações no mercado de trabalho, o desenvolvimento de canais de distribuição e as mudanças de hábito.

2.6 O setor cafeeiro sem regulamentação

Ormond *et al.* (1999) afirmam que o longo período de regulamentação do comércio mundial do café impediu o surgimento de mecanismos de competição do mercado. Com a desregulamentação, no entanto, ocorreu um grande aumento da competição entre as empresas, prevalecendo, segundo os mesmos autores, aquelas de maior escala e mais ágeis na implantação e capacitação para: controle de custos, qualidade, política de recursos humanos, marketing dos produtos diferenciados, verticalização (para o caso de cooperativas) e integração das atividades comerciais (para o caso das torrefadoras e cooperativas).

Segundo Siqueira (2005), em relação ao consumo externo de café brasileiro, da década de 60 em diante, embora o Brasil tenha aumentado a quantidade exportada de café verde, ele perdeu participação nas exportações mundiais que diminuiu de 32,96% para 25,81% nesse período. Entre 1961 e 1963, as exportações de café, segundo Abreu (1999), representavam 52% em média das receitas totais de exportações desse período. Mas estas já vinham declinando, pois Serra (1982) comenta que elas representavam 60% em 1949/50, 53% em 1962/1963 e, em 1978/1979, 13,4%.

O motivo foi a expansão das vendas externas de países concorrentes, inicialmente da Colômbia a partir da metade da década de 70 e, a partir da década de 90, do Vietnã. Os produtores desses países, além de apresentar uma elevada produtividade, produziam, também,

cafés de mais alta qualidade. Outros fatores que contribuíram para perda de mercado, segundo Ormond *et al.* (1999), foram a falta de investimentos em propaganda do café brasileiro no exterior e a acomodação do setor produtivo, que independente de qualquer coisa, já tinha garantia da venda do seu café por um preço mínimo fixado pelo Estado. O problema foi que o Brasil concordou que seus concorrentes se apropriassem do crescimento do mercado e só reagiu quando estes quiseram se apropriar de sua “quota fixa” de 25%, o que determinou o fim dos AICs em 1989.

Siqueira (2005) expressa que com a concorrência desses novos grandes produtores mundiais, os produtores brasileiros foram forçados a introduzir novas tecnologias, sendo que a qualidade do café passou a ser o fator-chave para diferenciar o produto e conseguir atender clientes externos cada vez mais exigentes. Os produtores brasileiros passaram, então, a adotar programas para obter ganhos de produtividade e qualidade em todas as etapas da cadeia produtiva, ou seja, da manutenção da colheita, passando pelo manuseio do produto, estocagem, beneficiamento até a embalagem. Passou-se a dar especial atenção às etapas de colheita e secagem – etapas que definem, em grande parte, a qualidade do café, na qual é necessário separar os grãos pelas características que apresentam e, assim definir qual sabor o café terá para o consumidor final tanto externo quanto interno.

Em relação ao consumo interno, Costa (2003) comenta que, “diante de outros produtores, o Brasil ocupa posição de destaque, por ser o único a contar com forte mercado consumidor”. Esse fato, segundo o autor, é garantidor de uma vantagem comparativa diante dos concorrentes que dependem do mercado externo para comercializar suas produções.

Em razão da importância do mercado interno, paralelamente às medidas tomadas para se aumentar, em conjunto, a produtividade e a qualidade do café verde produzido internamente – medidas que garantem também a qualidade do café torrado, moído e solúvel produzidos no mercado brasileiro -, a ABIC, em 1989, adotou medidas de incentivo ao consumo interno, que foram, em grande parte, responsáveis pelo seu crescimento nos anos seguintes.

Ormond *et al.* (1999) afirma que a “auto-regulação” foi a estratégia adotada pela iniciativa privada para fiscalizar o cumprimento da proibição da adição de produtos estranhos ao café vendido no varejo e, assim, reconquistar o mercado interno. Em 1989 foi lançado, nacionalmente, pelo IBC, o Programa de Autofiscalização, no qual as empresas firmavam compromisso de garantir a pureza do café. A ABIC cuidaria da fiscalização (auto-regulação) através da distribuição do “Selo de Pureza ABIC”, e o IBC, de punir as empresas infratoras. Com o tempo, o consumidor, segundo o mesmo autor, passou a identificar a presença do selo na embalagem do café com a sua qualidade.

Um outro fator importante para o crescimento do consumo interno foi o fim do tabelamento de preços do café no varejo em 1992 – medida que encerrou, em definitivo, as intervenções governamentais no setor. Segundo Costa (2003), essa medida, por si só, “possibilitou maior dinamismo do setor, visto que atendeu às necessidades dos consumidores, em relação a inovações e diferenciação dos produtos, e também promoveu a melhoria da qualidade do café oferecido”.

Ormond *et al.* (1999) citam “a oferta crescente, pelas torrefadoras, de tipos diferenciados de café e a entrada no varejo, das líderes, procurando oferecer produtos de qualidade [...]”, como fatores que redefiniram os padrões de concorrência da indústria. Além disso, as empresas “têm buscado consolidar *blends* próprios a fim de cativar o consumidor [...]”.

A respeito dos efeitos da desregulamentação, Costa (2003, p.2) aduz que:

“a partir da desregulamentação, o setor passou a viver uma nova realidade. O rápido crescimento da produção de café, em alguns países, passou a evidenciar o acirramento da concorrência internacional pelos mercados. Alterações demográficas, sociais e comportamentais da população mundial passaram a cada vez mais a explicar as variações na demanda de café. Nesse novo cenário, dado a importância do mercado consumidor de café, há necessidade de entender as alterações causadas pela introdução de novas variáveis na estrutura da demanda interna de café”.

O aumento do consumo interno ganhou força em 1994, quando foi adotado o Plano Real. A queda da inflação provocou o aumento da renda das camadas mais pobres da população e, conseqüentemente, o aumento da demanda interna de café (HELFAND e RESENDE, 2001).

Em 2004, foi lançado, pela mesma instituição, o Programa de Qualidade do Café (PQC), com o objetivo de informar a qualidade do café que está sendo vendido, além de permitir a identificação pelo consumidor do tipo de grão utilizado por cada marca e com isso escolher o sabor que mais lhe agrada (ABIC, 2007).

Além da implantação de programas de melhoria da qualidade e produtividade do café, das campanhas patrocinadas pela ABIC, e do aumento da renda propiciado pelo Plano Real, outras medidas, como, por exemplo, um maior esforço em campanhas de marketing também contribuiu tanto para o aumento do consumo interno quanto externo do café. Dentre algumas dessas medidas pode-se citar (ORMOND *et al.*, 1999):

- a adoção da certificação de origem, aplicada a produtos que possuam atributos qualitativos associados a características próprias de uma região como clima, solo, história ou mão-de-obra;
- a participação em eventos internacionais relacionados ao mercado de cafés especiais, também chamados de gourmet;

- a adoção do selo de certificação de café orgânico, produto que tem demanda crescente nos Estados Unidos e Japão por possuir melhor qualidade e ser livre de resíduos agroquímicos que agridem o meio-ambiente;
- o lançamento de novos produtos à base de café, como o cappuccino, o café expresso, drinks, doces, sorvetes, biscoitos, sobremesas e pratos salgados.

Segundo os mesmos autores, a busca de nichos de mercado, principalmente para atender a demanda por cafés tipo *gourmet*, é uma forma do Brasil fugir da generalização, ou seja, da produção massificada em direção à produção voltada a atender o consumidor que preza pelo atributo qualidade do café.

Siqueira (2005) enfatiza que a tendência do comércio mundial mostra um grande avanço das exportações dos tipos de café de maior valor agregado, em detrimento do café verde, que segundo o autor, “certamente, perderá a primeira posição nas exportações mundiais para os extratos de café e o café torrado em *quantum* e em valor, caso sejam mantidas as taxas de exportações dos últimos 10 anos”.

Em relação a esse último ponto – o de apropriação de valor pelos cafeicultores brasileiros – o mesmo autor afirma que o café verde exportado pelos países em desenvolvimento é torrado e moído nos países desenvolvidos, que agregam valor ao produto para vendê-lo ao consumidor final. São os reexportadores, ou seja, aqueles que importam o café verde para industrializar e exportar esse café para outros países.

Existem elevadas diferenças entre os preços pagos aos produtores que cultivam o café nos países em desenvolvimento e os preços pagos pelo café nas vendas a varejo nos países desenvolvidos. Segundo o mesmo autor, no caso do produtor brasileiro, os preços pagos ao produtor de café “chega a ser inferior aos preços pagos no varejo dos Estados Unidos, da Europa (média de 13 países) e Japão, respectivamente, 5, 7 e 18 vezes”.

Como resultado desse processo, é de suma importância o aprofundamento de programas para se elevar à competitividade em todas as etapas da cadeia produtiva da cafeicultura nacional. Deve-se, portanto, garantir a produtividade e a qualidade do produto desde o fornecedor dos insumos para o plantio do café verde até o seu processamento, pelas indústrias de café solúvel, torrado e moído e, sua respectiva exportação. Não menos importante, segundo o mesmo autor, é o desenvolvimento de estratégias da indústria nacional que visem à ampliação de seus mercados e a internacionalização de suas atividades, instalando ou adquirindo unidades de produção e distribuição na Europa, Estados Unidos e Japão.

A adoção dessa política pela indústria nacional é importante em função da adoção de práticas protecionistas pelos países importadores de café verde em relação às exportações brasileiras

de café industrializado. Ormond *et al.* (1999) afirmam que, como exemplo, a União Européia estabelece taxas de importação para o café solúvel brasileiro com o objetivo de preservar a competitividade das suas indústrias reexportadoras.

Para incentivar justamente a exportação de cafés industrializados (torrado, moído e embalado) e de cafés especiais, o Governo, em julho de 2006, firmou convênio entre a Agência de promoção de Exportações e Investimentos (APEX-Brasil) e a ABIC, que deu início a um projeto nacional de incentivo às exportações dos referidos cafés. A parceria prevê investimentos em marketing e publicidade, participação em eventos internacionais e promoção de encontros de negócios com compradores estrangeiros no Brasil e no exterior (ABIC, 2006b).

3 MÉTODOS DE PREVISÃO

3.1 Importância da previsão

A previsão organizacional, segundo Sanders (1995), “é o processo de estimação de futuros eventos com o propósito de efetivar o planejamento e se tomar decisões”. Moreira (2001) afirma que a previsão da demanda é um processo racional de busca de informações acerca do valor das vendas futuras de um item ou de um conjunto de itens. Para Gaither e Frazier (2001), essas estimativas da demanda futura por produtos e serviços são normalmente chamadas de “previsões de vendas”, que é o ponto inicial de todos os outros planejamentos na gerência de operações. Ela é importante, ainda segundo os mesmos autores, para que os gerentes possam determinar no presente que curso de ação eles tomarão no futuro. Davis *et al.* (2001, p. 212), realçando a importância da previsão de vendas como ponto inicial para realização do processo de planejamento em todos os níveis da organização, afirmam que:

“nos níveis mais altos ela é a base para realizar o planejamento estratégico a longo prazo. Nas áreas funcionais de finanças e de contabilidade, a previsão de demanda fornece a base do planejamento orçamentário e do controle de custos. O setor de marketing confia na previsão de vendas para planejar novos produtos, premiar os vendedores, e tomar outras decisões importantes. As funções de administração de produção utilizam as previsões para tomar decisões periódicas envolvendo seleção de processos, planejamento da capacidade, melhorias de leiaute, e para decisões contínuas sobre planejamento da produção, da programação e do estoque”.

Wacker e Lummus (2002) afirmam que “sem a ligação entre previsões e alocação de recursos seria impossível se adquirir recursos para realizar, dentro do tempo, as entregas para os clientes”. Gaither e Frazier (2001) listam algumas outras razões que explicam o porquê da essencialidade de se fazer previsões na gerência de operações:

- facilitar o planejamento: pode-se levar muitos anos para projetar e construir uma nova fábrica ou projetar e implementar um novo processo de produção. Tais atividades estratégicas requerem previsões de demanda por produtos de longo prazo a fim de que os gerentes de operações possam ter o tempo necessário para construir fábricas e instalar processos para produzir produtos e serviços quando necessários;
- planejamento da produção: a demanda por produtos e serviços varia de mês para mês. A taxa de produção pode ser adaptada para cima ou para baixo para se ajustar a essa

demanda. Pode-se levar muitos meses para mudar a capacidade dos processos de produção. Gerentes necessitam de previsões de médio prazo a fim de que eles tenham o tempo necessário para providenciar a capacidade de produção para suprir essas demandas que variam mensalmente;

- planejar a força de trabalho: a demanda por produtos e serviços varia de semana a semana. A força de trabalho deve ser regulada para cima ou para baixo para encontrar essa demanda. Gerentes de Operações necessitam de previsões de curto prazo para que eles possam ter o tempo necessário a fim de providenciar mudanças na força de trabalho para suprir variações semanais de demanda.

3.2 Tipos de métodos de previsão

Os métodos de previsão, segundo Moreira (2001), podem ser classificados, quanto ao tipo de instrumento utilizado e quanto aos conceitos que formam a base da previsão, em métodos qualitativos ou quantitativos.

Os métodos qualitativos são aqueles que se apóiam no julgamento de pessoas, em estimativas ou opiniões sendo, portanto, técnicas subjetivas e optativas por natureza (MOREIRA, 2001; DAVIS *et al.*, 2001). Segundo Davis *et al.* (2001), essas técnicas são utilizadas principalmente quando não existem dados disponíveis para se realizar a previsão. Gaither e Frazier (2001) citam como principais métodos desse tipo os seguintes:

- Suposição educada: feita quando uma pessoa, baseada na sua intuição e experiência, usa seu melhor julgamento para estimar previsões de vendas. Esta abordagem é geralmente usada para previsões de curto prazo, na qual o custo de uma previsão imprecisa é baixo.
- Consenso de um comitê executivo: executivos de vários departamentos dentro da organização usam o conhecimento que possuem de cada área e formam um comitê encarregado de desenvolver uma previsão de vendas.
- Método Delphi: este método é utilizado para obter consenso dentro de um comitê. Nesse método, os executivos respondem anonimamente uma série de questões em *rounds* (rodadas) sucessivos. Cada resposta serve de informação para todos os participantes em cada *round*, sendo esse processo repetido sucessivamente até que se chegue a um consenso.
- Survey da força de vendas: estimativas das vendas regionais são obtidas de cada membro individual da força de vendas. Essas estimativas são combinadas para

formar uma estimativa de vendas para todas as diversas regiões. Os gerentes devem, então, transformar estas estimativas em previsões realistas.

- Survey de consumidores: os consumidores são entrevistados para se determinar as quantidades de produtos da firma que eles pretendem comprar no futuro. Este método deve ser adotado por firmas que possuem poucos consumidores.
- Analogia histórica: este método alcança a estimativa de vendas futuras de um produto, utilizando-se de informações da venda de um produto similar já existente no mercado. O conhecimento das vendas de um produto durante vários estágios de seu ciclo de vida é aplicado para estimar as vendas de um produto similar. Esse método é útil para previsão de vendas de novos produtos.
- Pesquisa de mercado: *surveys*, questionários por correio, entrevistas por telefone e pesquisas de campo formam a base para testar hipóteses sobre a realidade do mercado. Esses métodos são os preferidos para se lançar novos produtos ou para produtos já existentes serem introduzidos em novos segmentos de mercado.

Os métodos quantitativos ou matemáticos utilizam modelos matemáticos para se chegar aos valores previstos. Eles se baseiam em dados históricos e assumem que informações passadas são relevantes para se prever o futuro (GAITHER e FRAZIER, 2001). Segundo Moreira (2001), eles permitem o controle do erro, mas exigem informações quantitativas preliminares. Conforme se pode ver na Figura 3-1, os métodos quantitativos de previsão se subdividem em métodos causais e métodos de séries temporais.

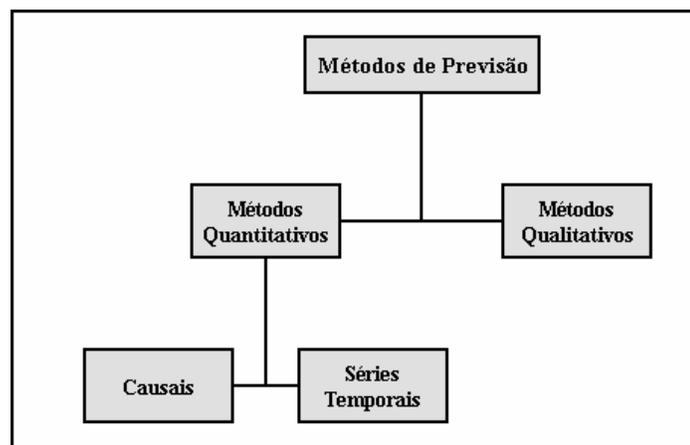


Figura 3-1 - Divisão dos métodos de previsão em causais ou de séries temporais.

Fonte: adaptado de Makridakis *et al.* (1998), Moreira (2001) e Levine *et al.* (1997)

3.2.1 Métodos Causais

A demanda de um item ou conjunto de itens está relacionada a uma ou mais variáveis internas ou externas à empresa, que recebem o nome de variáveis causais. O que determina a escolha de uma variável causal é a necessidade de uma ligação lógica com a demanda de um item ou itens que se quer prever. Como exemplo desse tipo de método, pode-se citar a regressão simples e múltipla da demanda sobre a(s) variável (eis) causal (is). Na regressão, tenta-se descobrir, utilizando-se de pares de valores da demanda e da(s) variável (eis) causal (is), alguma lei que as ligue, e que é expressa por uma equação matemática (MOREIRA, 2001).

A regressão simples é utilizada para definir um relacionamento causal entre duas variáveis correlacionadas. O relacionamento, normalmente, é desenvolvido a partir de um dado observado no qual a variável independente é usada para prever a variável dependente (DAVIS *et al.*, 2001).

Ela pode ser representada simbolicamente por meio da Equação 3.1, que indica que os valores de Y podem ser determinados em função dos valores de X , se estes forem conhecidos (MOREIRA, 2001):

$$Y = f(X). \quad (3.1)$$

Neste caso, considera-se o relacionamento entre uma variável independente e uma variável dependente como sendo uma linha reta.

A Equação 3.2 mostra o formato da equação da regressão linear simples:

$$Y = a + bX, \quad (3.2)$$

sendo:

Y = variável dependente que se quer achar o valor previsto;

a = intersecção do eixo y ;

b = inclinação da reta;

X = variável independente.

A principal restrição em se realizar a previsão de demanda através da regressão linear é ter que se considerar que os dados do passado e as projeções do futuro devam se situar próximas a uma linha reta (DAVIS *et al.*, 2001).

A regressão múltipla é utilizada para definir um relacionamento entre uma variável dependente, que se quer prever, e duas ou mais variáveis independentes. O relacionamento, normalmente, é desenvolvido a partir de dados observados nos quais duas ou mais variáveis independentes são usados para predizer a variável dependente (DAVIS *et al.*, 2001).

Ela pode ser representada simbolicamente por meio da Equação 3.3, que indica que os valores de Y variam em função de um conjunto de n variáveis X_1, X_2, \dots, X_n :

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (3.3)$$

A forma da equação da regressão linear múltipla é dada pela Equação 3.4:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n. \quad (3.4)$$

Na Equação 3.4, os coeficientes $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ podem ser determinados pelo método dos mínimos quadrados, o que resultará em um sistema de $(n+1)$ equações, que poderão ser resolvidas por pacotes de *softwares* (MOREIRA, 2001).

3.2.2 Métodos de séries temporais

A análise de séries temporais exige somente valores passados da demanda, ou seja, da própria variável que se quer prever. A expectativa é de que o padrão observado nos valores passados forneça informação adequada para a previsão de valores futuros da demanda. Para Chambers *et al.* (1971), esse pressuposto é mais provável de ocorrer no curto prazo e menos no longo prazo, ou seja, esses métodos fornecem previsões razoavelmente precisas para um futuro imediato e um tanto pobres quanto mais o futuro se distancia. A única exceção ocorre se o padrão dos dados for extraordinariamente estável.

Morettin e Tolo (1987) afirmam que o propósito dos métodos de séries temporais é “distinguir o padrão de qualquer ruído que possa estar contido nas observações e então usar esse padrão para prever valores futuros da série”.

A Figura 3-2 mostra a divisão dos métodos de séries temporais:

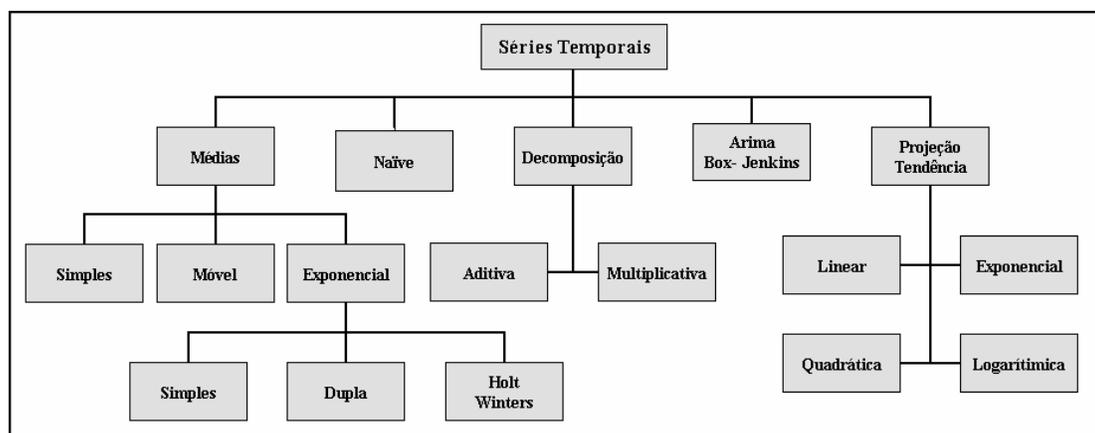


Figura 3-2 - Métodos de previsão de séries temporais.

Fonte: Adaptado de Makridakis *et al.* (1998), Moreira (2001), Davis *et al.* (2001) e Levine *et al.* (1997)

Os modelos de séries temporais geralmente são utilizados quando não existem dados sobre as variáveis explicativas que se acredita que afetem a variável que se quer prever. Podem ser utilizados também quando os dados das variáveis explicativas existem, mas um modelo de regressão baseado nesses dados resulta em erros-padrão tão elevados que tornam a maioria dos coeficientes estimados pouco significativos e o erro-padrão da previsão muito elevado (PINDYCK e RUBINFELD, 2004).

Morettin e Tolo (1987) complementam afirmando que uma das suposições mais frequentes a respeito de séries temporais é a de que ela seja estacionária, ou seja, se desenvolva “no tempo aleatoriamente ao redor de uma média e variância constantes, refletindo alguma forma de equilíbrio estável”. Entretanto, segundo os mesmos autores, a maioria das séries encontradas não é estacionária. Como exemplo desse tipo de série está aquela que flutua com inclinação positiva ou negativa ao redor de uma reta (tendência linear). Caso a série observada não seja estacionária, ou seja, possua variância desestabilizada, é necessário transformar os dados tomando-se diferenças sucessivas da série original até se obter uma série estacionária.

Se o período coberto for suficientemente longo, o padrão de demanda resultante permite distinguir quatro comportamentos ou efeitos associados com uma série temporal (NEWBOLD, 1994; MOREIRA, 2001):

- Efeito tendência (T): o qual confere à demanda uma tendência a crescer ou decrescer com o tempo. A demanda pode também ser estacionária, só variando em torno da média (MOREIRA, 2001). Segundo Davis *et al.* (2001), as linhas de tendência são, normalmente, o ponto de partida no desenvolvimento de uma

- previsão. Elas podem ser ajustadas para os efeitos sazonais, cíclicos e qualquer outro evento esperado que possa influenciar a previsão final.
- Efeito sazonal (*S*): é representado pela fato da demanda de muitas mercadorias assumir comportamentos semelhantes em épocas bem definidas do ano (MOREIRA, 2001). Morettin e Tolo (1987) afirmam que o componente sazonal também recebe o nome de componente anual ou estacional, e aparece quando as observações são intra-anuais, ou seja, registradas mensal, trimestral ou semanalmente. Newbold (1994) argumenta que é desejável produzir uma série temporal livre da influência sazonal, o que pode ser obtido fazendo-se um ajuste sazonal na série. Em uma série plotada graficamente, parte do efeito em formato de “dente de serra” pode ser atribuído ao efeito sazonal.
 - Fatores cíclicos (*C*): são flutuações econômicas de ordem geral, de periodicidade variável, devidas a uma multiplicidade de causas de difícil previsão (MOREIRA, 2001). Para Davis *et al.* (2001), os fatores cíclicos são difíceis de serem determinados, já que tanto o período considerado quanto a causa do ciclo podem ser desconhecidos. A influência cíclica na demanda pode se originar devido a ocorrências, por exemplo, de eleições políticas, guerras, condições econômicas ou sociais.
 - Variações aleatórias ou irregulares (*I*): são causadas por eventos causais e são conhecidas também como ruídos ou erros. Estatisticamente, quando todas as causas conhecidas para explicar a demanda (média ou nível, tendência, sazonalidade e cíclica) são subtraídas da demanda total, o que sobra é uma parte remanescente inexplicável da demanda que é chamada de ruído. Se não for possível identificar a sua causa, esta será presumida como puramente aleatória (DAVIS *et al.*, 2001). Para Newbold (1994), esse componente deve ser entendido como se fosse o componente erro no modelo de regressão.

Morettin e Tolo (1987) aludem que, ao se remover os componentes de tendência e sazonalidade de uma série de dados, o que sobra é a componente aleatória ou residual, que se supõe que seja um processo estocástico puramente aleatório (ruído branco). Em alguns casos, entretanto, o ruído branco pode ser considerado um processo estacionário com média zero e variância constante.

Além destes quatro componentes, geralmente a demanda esperada em qualquer ponto é altamente correlacionada com seus próprios valores anteriores. Por exemplo, se a demanda tem sido alta no mês de dezembro nos últimos dez anos, então se espera uma alta demanda

para dezembro do próximo ano. Quando a demanda é aleatória, de um período de tempo para outro, pode variar extraordinariamente. Quando existe alta correlação, não se espera que a demanda mude muito de um período para o próximo (DAVIS *et al.*, 2001).

Os métodos de séries temporais podem ser divididos em: métodos baseados em médias, os métodos Naïve ou “ingênuos”, os métodos baseados em decomposição, os métodos Box-Jenkins e os de projeção de tendência.

3.2.2.1 Métodos baseados em médias

Segundo Moreira (2001), a previsão obtida através do uso desses métodos utiliza-se de algum tipo de média que leva em conta valores reais anteriores da própria variável que se quer prever. São métodos que, normalmente, geram previsões ditas “adaptativas”, que se ajustam de forma automática aos dados mais recentes disponibilizados.

Os métodos de médias, segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), embora sejam úteis, não oferecem informações sobre o grau de confiança da previsão, pois não utilizam uma regressão para estimar o modelo. Por esse motivo, eles não permitem que se calcule o erro-padrão e nem que se descreva o componente estocástico ou não explicado da série temporal.

Elas se subdividem em Média Móvel Simples (MMS), Média Móvel Ponderada (MMP), Simple Suavização Exponencial (SSE), Dupla Suavização Exponencial (DSE), Holt-Winter’s Exponential Smoothing (HW), sendo que este último se subdivide em Holt-Winter’s Multiplicativo (HWM) e Holt-Winter’s Aditivo (HWA).

No método de Média Móvel Simples (MMS), a regra de utilização desse tipo de modelo é que “a previsão para o período t , imediatamente futuro, é obtida tomando-se a média aritmética dos n valores reais da demanda imediatamente passados” (MOREIRA, 2001).

Segundo Gaither e Frazier (2001), a definição do número de períodos de dados que serão incluídos na média é fundamental, pois ela determinará a opção entre ter precisão, ou rapidez de resposta, ou ganhos na habilidade de suavizar ruídos. Dessa forma, essa escolha dependerá de um completo conhecimento da pretensão do uso da previsão e da natureza de sua situação.

A representação matemática da média simples pode ser dada pela Equação 3.5 (DAVIS *et al.*, 2001):

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + \dots + A_{t-n}}{n}, \quad (3.5)$$

sendo:

F_t = vendas previstas no período t ;

A_{t-n} = vendas realizadas no período $t-n$;

n = número de períodos considerados na média.

Para Morettin e Toloi (1987), se n é igual a 1, o valor mais recente da série é utilizado como previsão para todos os valores futuros (método ingênuo de previsão). Já se n é igual ao número total de observações da série, n , a previsão será uma média aritmética de todos os dados observados, o que só é aconselhável se a série é altamente aleatória, com a aleatoriedade do erro predominando sobre a mudança do nível.

Como crítica a esse método tem-se, que em regra, a MMS pode ser um método eficiente quando a demanda é estacionária, ou seja, quando ela varia em torno de um valor médio. No entanto, para demandas crescentes ou decrescentes ao longo do tempo, a tendência é que a previsão fornecida pela MMS esteja sempre em atraso em relação aos valores reais. Assim, se a demanda é crescente, as previsões darão valores cada vez menores em relação aos valores reais. Além disso, o método não é muito eficiente para captar variações sazonais, podendo mesmo acobertá-las quase que completamente, dependendo do valor escolhido para n (MOREIRA, 2001). Outras desvantagens citadas por Morettin e Toloi (1987) são:

- deve ser utilizada para prever só séries estacionárias, pois caso contrário a precisão das previsões será pequena em função dos pesos atribuídos as n observações serem todos iguais e nenhum peso ser dado às observações anteriores a esse período;
- necessidade de se armazenar pelo menos $(n - 1)$ observações; e
- dificuldade em determinar o valor de n .

Como vantagens desse método, Morettin e Toloi (1987) citam a sua simples aplicação, a boa aplicabilidade quando se tem um número pequeno de observações, e a sua grande flexibilidade devido a possibilidade de se variar n de acordo com o padrão da série.

A Media Móvel Ponderada (MMP) tem em comum com a MMS o fato de utilizar um número de n valores reais anteriores da demanda para a composição da média. Porém, diferentemente da MMS, que atribui pesos iguais para cada componente da série de dados, na MMP esses valores recebem pesos que refletem, geralmente, uma maior importância dada aos valores mais recentes da demanda (MOREIRA, 2001; DAVIS *et al.*, 2001).

De acordo com Davis *et al.*(2001), a representação matemática de uma MMP pode ser mostrada pela Equação 3.6:

$$F_t = \frac{W_{t-1}A_{t-1} + W_{t-2}A_{t-2} + \dots + W_{t-n}A_{t-n}}{n}, \quad (3.6)$$

sendo:

F_t = vendas previstas no período t ;

A_{t-1} = vendas reais no período $t - 1$;

W_{t-1} = peso atribuído ao período $t - 1$;

n = número de períodos relacionados à média.

O somatório dos pesos W_{t-1} deve ser igual a um, ou seja, $\sum W_{t-i} = 1$.

A vantagem da MMP sobre a MMS é que os valores mais recentes da demanda, que podem estar revelando alguma tendência, recebem uma importância maior, ou seja, ela consegue variar os efeitos entre dados antigos e os mais recentes. Como restrição, entretanto, quanto maior for o número de observações, n , mais a previsão suavizará os efeitos sazonais e mais lentamente responderá a variações na demanda (MOREIRA, 2001). Como outra desvantagem, Davis *et al.* (2001) colocam o fato de se ter de definir os pesos a serem utilizados.

Segundo Makridakis *et al.* (1998), os métodos da classe *Exponential Smoothing* possuem como principal característica o fato de utilizarem pesos exponenciais decrescentes no sentido das observações mais recentes em direção às observações mais antigas. Nesses métodos, ainda segundo os mesmos autores, existem um ou mais parâmetros de suavização ou “*smoothing*” para serem determinados, e essa escolha definirá, por sua vez, os pesos a serem dados a cada observação.

O método Simples Suavização Exponencial (SSE) ou “*Single Exponential Smoothing*” deve ser utilizado na ausência do componente de tendência, pois se a série tem uma tendência para cima, esse modelo irá tender a subestimar os valores previstos; se a série tem tendência para baixo, irá tender a superestimar esse valor (PINDYCK e RUBINFELD, 2004). Segundo Gaither e Frazier (2001), esse método toma a previsão do período anterior e adiciona um ajuste (constante α) para obter a previsão para o próximo período. Esse ajuste é a proporção do erro da previsão verificada no período anterior, que é computada pela multiplicação do erro de previsão por uma constante com valores entre 0 e 1. Essa constante α (alfa) é chamada de constante de suavização ou “*smoothing*”. A sistemática desse método, segundo

Makridakis *et al.* (1998), se resume no fato de que, quando o valor de α está próximo de 1, a nova previsão incluirá um ajuste substancial para os erros da última previsão; quando, entretanto, α está mais próximo de zero, a nova previsão incluirá um ajuste bem pequeno. O princípio básico desse método, então, é que o erro passado é usado para corrigir a nova previsão na direção oposta tomada por esse mesmo erro passado. Esse processo de auto-ajuste persiste até que esse erro seja totalmente corrigido (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998).

Segundo Davis *et al.* (2001), o SSE é utilizado nos casos em que os dados mais recentes tendem a ser mais indicativos do futuro e, portanto, mais importantes do que os mais antigos.

Ainda segundo Davis *et al.* (2001), na SSE, a previsão para o período t é dada pela Equação 3.7 ou 3.8:

$$D_t = D_{t-1} + \alpha(Y_{t-1} - D_{t-1}), \quad (3.7)$$

ou

$$D_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)Y_{t-1}, \quad (3.8)$$

sendo:

D_t = previsão para o período t ;

D_{t-1} = previsão para o período $(t - 1)$;

α = constante de suavização ou de alisamento (fração do erro);

Y_{t-1} = demanda real para o período $t - 1$.

A denominação “exponencialmente ponderada”, segundo Davis *et al.* (2001), pode ser explicada observando-se a Equação 3.9, que indica que quanto mais antiga for a demanda real menor seu peso na expressão D_t :

$$D_t = \alpha Y_{t-1} + (1 - \alpha)\alpha Y_{t-2} + (1 - \alpha)^2 \alpha Y_{t-3} + (1 - \alpha)^3 \alpha Y_{t-4} + \dots + (1 - \alpha)^{t-1} \alpha Y_0 + (1 - \alpha)^t D_0. \quad (3.9)$$

Os pesos das demandas Y_2 , Y_1 e Y_0 decrescem exponencialmente e, como a soma total dos pesos é igual a 1, a conclusão é a de que a SSE nada mais é do que um caso especial de MMP, com os pesos decrescendo exponencialmente da demanda real mais recente para a mais antiga.

A constante α da SSE assume valor entre 0 e 1. Se a demanda real tende a ser relativamente estável ao longo do tempo, pode-se escolher um valor relativamente pequeno para α a fim de

diminuir os efeitos de curto prazo ou de flutuações aleatórias, o que é semelhante a ter uma média móvel que envolve um grande número de períodos. Já se a demanda real tende a flutuar rapidamente, pode-se escolher um valor relativamente alto para α a fim de demonstrar essas mudanças. Isto é semelhante a utilizar a média móvel com um número pequeno de períodos (DAVIS *et al.*, 2001).

Para Moreira (2001), a previsão é “suavizada” em relação aos valores reais das vendas, ou seja, a previsão absorve parcialmente quedas ou elevações bruscas nos valores reais. Esse efeito de suavização é tanto mais intenso quanto menor for o valor de α . Valores maiores de α tendem a acompanhar mais de perto os movimentos bruscos dos dados.

Um dos problemas desse método é a determinação do valor de α . As técnicas de medição de erros, tal como MAD (*Mean Absolute Deviation*), que será comentada adiante, podem ser usadas para se descobrir e escolher o valor de α como sendo aquele que proporciona os menores erros de previsão (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998; DAVIS *et al.*, 2001).

Moreira (2001) afirma que além da determinação do valor de α , é conveniente observar-se que, qualquer que seja o período para o qual se deseja a previsão é sempre necessária a previsão do período imediatamente anterior (D_{t-1}). Desta forma, ao se iniciar uma seqüência de previsões, o primeiro valor deve ser obtido de alguma outra maneira que não através da fórmula acima. É fundamental também, segundo o mesmo autor, que se tenha uma série de valores reais passados da demanda, pois ela permitirá tanto a fixação de um valor inicial para a previsão como a escolha da própria constante α .

Como um dos inconvenientes da SSE, o mesmo autor afirma que ela sofre do “efeito tendência”, justamente por ser incapaz de acompanhar movimentos de tendência nos dados. Como nas médias móveis simples (MMS) e ponderada (MMP), a adequação da SSE é melhor no caso de séries estacionárias. No entanto, existem vários modelos de médias exponencialmente ponderadas, como o que será visto a seguir, que permitem a correção do efeito tendência.

Em relação à Dupla Suavização Exponencial (DSE) ou “Double Exponential Smoothing”, Morettin e Toloí (1987) afirmam que os métodos de média vistos acima “não são adequados para analisar séries temporais que apresentem tendência”. Gaither e Frazier (2001) reiteram que os modelos de médias MMS, MMP e SSE são apropriados para o planejamento e previsão de curto prazo, onde sazonalidade e tendência não são fatores importantes. Contudo, quando se considera previsão de médio prazo, a sazonalidade e a tendência tornam-se fatores importantes. A incorporação do componente de tendência dentro do método de previsão SSE

é chamado de “*Double Exponential Smoothing*” pelo fato de tanto o nível (média) como a tendência serem ambas suavizadas. Além da constante α (constante de suavização para a média ou nível), é utilizada no modelo uma constante δ (teta) - de suavização para a tendência - para modelar a tendência da série (GAITHER E FRAZIER, 2001). As Equações 3.10, 3.11 e 3.12 são necessárias para o cálculo da previsão por esse método:

$$Y_t = \alpha R_t + (1 - \alpha)(Y_{t-1} - T_{t-1}), \quad (3.10)$$

$$T_t = \delta(Y_t - Y_{t-1}) + (1 - \delta)T_{t-1}, \quad (3.11)$$

$$\hat{Y}_{t+m} = Y_t + T_t m, \quad (3.12)$$

sendo:

Y_t = previsão suavizada no período t ;

T_t = estimativa da tendência para o período t ;

R_t = valor observado no período t .

A Equação 3.10 ajusta Y_t pela tendência do período anterior, T_{t-1} , adicionando a ela o último valor suavizado, Y_{t-1} . Isso ajuda a eliminar o atraso e leva Y_t para o nível aproximado dos valores correntes de dados.

A Equação 3.11 atualiza a tendência, que expressa a diferença dos últimos dois valores suavizados. Isto é apropriado porque existe uma tendência nos dados, sendo que os novos valores deveriam ser mais altos ou mais baixos do que são. Desde que haja alguma aleatoriedade remanescente, a tendência é modificada pela suavização utilizando-se δ da tendência no último período ($T_t - T_{t-1}$), adicionando-se a esta a última estimativa da tendência multiplicada por $(1 - \delta)$.

A Equação 3.12 é utilizada para se realizar a previsão m períodos à frente, com a tendência T_t sendo multiplicada por m e somada ao valor base Y_t .

A inicialização do processo requer duas estimativas, uma para o primeiro valor suavizado Y_1 e outra para o valor de tendência T_1 . Como alternativa pode-se utilizar $T_1 = Y_1$.

Os pesos α (alfa) e δ (teta) podem se escolhidos através de tentativa como o vetor que minimiza o valor do MAD (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998).

Já o método *Holt-Winters Exponential Smoothing* (HW), segundo Newbold (1994), é uma extensão do método DSE, com a diferença de considerar, além da suavização do nível e da

tendência, a suavização da sazonalidade para realizar a previsão. O método HW, dessa forma, é baseado em três equações de suavização: uma para suavizar o nível, outra para tendência, e uma última para suavizar a sazonalidade. Existem dois métodos diferentes de HW, dependendo se a sazonalidade é modelada de forma aditiva ou se é modelada de forma multiplicativa: o Holt-Winter's multiplicativo (HWM) e Holt-Winter's Aditivo (HWA) (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998).

Para Morettin e Toloi (1987), a escolha de um desses dois procedimentos depende das características da série analisada. Como desvantagem desse método, além da dificuldade de se determinar as constantes α , δ e β (beta), existe a dificuldade de se estudar suas propriedades estatísticas, o que dificulta a construção de um intervalo de confiança.

O HWM é baseado nas Equações 3.13, 3.14, 3.15, e 3.16:

$$Y_t = \alpha \frac{\bar{Y}_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(Y_{t-1} + T_{t-1}), \quad (3.13)$$

$$T_t = \delta(Y_t - Y_{t-1}) + (1-\delta)T_{t-1}, \quad (3.14)$$

$$S_t = \beta \frac{\bar{Y}_t}{T_t} + (1-\beta)S_{t-s}, \quad (3.15)$$

$$\hat{Y}_{t+m} = (Y_t + L_t m) S_{t-s+m}, \quad (3.16)$$

sendo:

Equação 3.13: suavização da média;

Equação 3.14: suavização da tendência;

Equação 3.15: retirada da sazonalidade;

Equação 3.16: previsão para o período $t + m$;

s = duração da sazonalidade;

Y_t = representa o nível da série ou o valor suavizado da série pela constante α ;

T_t = denota a tendência;

S_t = é o componente sazonal;

\bar{Y}_t = representa a série sem estar suavizada;

\hat{Y}_{t+m} = é a previsão para m períodos à frente.

A Equação 3.15 é comparada ao índice de sazonalidade, que é encontrado quando a razão do valor corrente da série, \bar{Y}_t , é dividido pelo valor corrente da série suavizada, Y_t . Se \bar{Y}_t é maior que Y_t a razão será maior que 1 (um), enquanto que se \bar{Y}_t for menor que Y_t , a razão será menor que 1. É importante perceber que Y_t é o valor da série suavizada e sem sazonalidade, o que significa dizer que os dados foram ajustados sazonalmente. Por outro lado, os valores dos dados, \bar{Y}_t , contêm sazonalidade, que deve ser suavizada utilizando-se a Equação 3.15. Esta equação estabelece os pesos β aos fatores sazonais mais recentes, e pesos $(1 - \beta)$ aos mais recentes números sazonalizados, sendo que o primeiro fator sazonal foi computado no período $t - s$.

A Equação 3.14, de tendência, é exatamente igual à Equação 3.12 do DSE sem sazonalidade, visto anteriormente. Já a Equação 3.13 da média difere da Equação 3.10, do DSE, porquanto aquela tem seu primeiro termo dividido pelo número sazonal S_{t-s} , o que é feito para se eliminar as flutuações sazonais de Y_t (ajuste sazonal). Esse ajuste se dá quando S_{t-s} é maior que 1, o que ocorre quando o valor no período $t - s$ é maior do que a média com sazonalidade. Dividindo-se Y_t por um número maior que 1, tem-se como resultado um valor que é menor que o valor original exatamente pela percentagem do tanto que a sazonalidade do período $t - s$ foi mais alta que a média. O ajuste contrário ocorre quando o número da sazonalidade é menor que 1. O valor S_{t-s} é usado nesses cálculos porque s e t não podem ser calculados até Y_t ser conhecido através da equação da média (Equação 3.13).

Para se inicializar o método de previsão HW, é necessário que se tenha o valor inicial de Y_t , a tendência T_t e o índice sazonal S_t . Para a estimativa dos índices sazonais iniciais é necessário se utilizar pelo menos uma sessão completa de dados ou períodos. Dessa forma, inicializa-se a tendência e a média (L_s) no período s . A média L_s é inicializada tomando-se a média da primeira sessão de dados. Já os parâmetros α , δ e β podem ser escolhidos através de tentativas como o vetor que, em conjunto, minimiza o valor de MAD (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998).

No Holt Winter's Aditivo (HWA), o componente sazonal, embora seja menos comum, é tratado de maneira aditiva. A Equação 3.17, 3.18, 3.19 e 3.20 são as equações básicas do HWA:

$$Y_t = \left(\bar{Y}_t - S_{t-s} \right) + (1 - \alpha)(Y_{t-1} + T_{t-1}), \quad (3.17)$$

$$T_t = \delta(Y_t - Y_{t-1}) + (1 - \delta)T_{t-1}, \quad (3.18)$$

$$S_t = \beta \left(\bar{Y}_t - Y_t \right) + (1 - \beta)S_{t-s}, \quad (3.19)$$

$$\hat{Y}_{t+m} = Y_t + T_t m + S_{t-s+m}, \quad (3.20)$$

sendo:

Equação 3.17: calcula a média móvel ou nível;

Equação 3.18: calcula a tendência;

Equação 3.19: calcula a sazonalidade;

Equação 3.20: calcula a previsão.

A diferença desse método é o índice sazonal S_{t-s} ser, agora, subtraído na Equação 3.17 e somado na Equação 3.20. Os valores iniciais para Y_s e T_s são obtidos da mesma maneira que no método anterior. Para inicialização dos índices sazonais, deve-se proceder da seguinte forma: $S_1 = Y_1 - Y_s$, $S_2 = Y_2 - L_s$, ..., $S_s = Y_s - L_s$ (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998).

3.2.2.2 Métodos Naïve (MN)

Segundo Makridakis *et al.* (1998), a previsão através desse método é obtida com esforço e manipulação mínimos, pois é baseada somente na informação mais recente disponível. Como exemplo de um desses métodos pode-se citar aquele que usa somente a observação mais recente disponível como sendo a própria previsão para o período imediatamente futuro. Dessa forma, a previsão da série no instante $t+1$ (Y_{t+1}) é igual à última observação no instante t (Y_t).

Um método Naïve pode ser representado pela seguinte Equação 3.21:

$$Y_{t+1} = Y_t. \quad (3.21)$$

Os métodos Naïve são métodos que se encaixam dentro do conceito de métodos de previsão chamados de “ingênuos”, sendo rápidos e fáceis de usar, com baixo custo e fáceis de serem entendidos. Como exemplo de previsões Naïve pode-se citar o uso das vendas de ontem para

prever as vendas de amanhã, ou usar as vendas da mesma data no último ano para prever as vendas de amanhã. A principal objeção em usar essas abordagens em previsões de curto prazo é que elas são tão simplistas que apresentam resultados que, normalmente, apresentam erros substanciais (GAITHER E FRAZIER, 2001).

3.2.2.3 Métodos de Decomposição

Nesses modelos, as séries são vistas como sendo formadas por quatro componentes de influência: tendência, sazonalidade, ciclos de negócios e flutuações irregulares. A idéia principal da decomposição é a tentativa de se isolar os vários componentes, com exceção das flutuações irregulares, de maneira que esses efeitos possam ser tratados separadamente (MOREIRA, 2001). Segundo Makridakis *et al.* (1998), os métodos de decomposição servem para proporcionar, num primeiro momento, o isolamento da tendência e do ciclo; e, num segundo momento, o isolamento do componente sazonal. A representação matemática geral dos métodos de decomposição é dada pela Equação 3.22:

$$Y_t = f(S_t, T_t, E_t) \quad (3.22)$$

sendo:

Y_t = é o valor dos dados atuais no período t ;

S_t = é o componente sazonal no período t ;

T_t = é o componente formado pela tendência e o ciclo no período t ; e

E_t = é o componente irregular no período t .

Segundo Moreira (2001), existem dois modelos para se explicar como os componentes se combinam em uma série: modelo aditivo e o modelo multiplicativo.

O modelo de decomposição aditiva (DA) é representado pela Equação 3.23:

$$Y_t = (T_t) + (S_t) + (C_t) + (i_t) \quad (3.23)$$

sendo:

Y_t = valor da série (demanda prevista);

T_t = componente de tendência;

S_t = componente de sazonalidade;

C_t = componente cíclico;

i_t = resíduo devido a flutuações irregulares (E).

Cada uma das quantidades T , S , C e i são expressas por valores em unidades de demanda que se somam (MOREIRA, 2001).

Segundo Makridakis *et al.* (1998), este modelo é apropriado para ser utilizado quando a magnitude da flutuação sazonal não varia com o nível da série. Morettin e Tolo (1987) afirmam ser o DA mais adequado quando a sazonalidade não depende das outras componentes.

Já o Modelo Multiplicativo (DM) estabelece que qualquer valor observado em uma série temporal é igual ao produto dos valores observados de influência T , S , C e i (LEVINE *et al.*, 1997).

Moreira (2001) afirma que esse método é representado pela Equação 3.24:

$$Y_t = (T_t) \times (S_t) \times (C_t) \times (i_t) \quad (3.24)$$

A identificação dos componentes da Equação 3.24 já se encontram definidos na Equação 3.23.

Nesse modelo, apenas a tendência T é expressa em unidades de demanda, sendo as outras quantidades expressas em porcentagens dessa tendência (MOREIRA, 2001).

Para Makridakis *et al.* (1998), esse modelo é apropriado ao uso quando a flutuação sazonal aumenta ou decresce proporcionalmente com acréscimos ou decréscimos no nível da série. De outra forma, Morettin e Tolo (1987) afirmam ser os modelos multiplicativos mais adequados “se as amplitudes sazonais variam com a tendência”.

O DM pode ser simplificado, segundo Davis *et al.* (2001), se o horizonte de previsão é curto o suficiente para que se esteja sempre na mesma fase do ciclo de negócios, o que faria $C = 1$. Admitindo-se ainda que os efeitos sazonais e as variações ao acaso possam ser reunidos aproximadamente num só efeito, tem-se o modelo simplificado final representado pela Equação 3.25:

$$Y_t = (T_t) \times (S_t) \quad (3.25)$$

sendo que S incorpora os efeitos sazonais e as variações ao acaso. Os valores de T são determinados através da linha de tendência, ajustada aos valores reais através de uma

regressão simples onde a outra variável é o tempo. Os valores de S são chamados de índices sazonais e a sua determinação exige a observação do afastamento dos valores reais da demanda e dos valores previstos pela linha de tendência no passado. A previsão Y_t recebe, às vezes, o nome de previsão corrigida pelo efeito sazonal.

3.2.2.4 Métodos Box-Jenkins

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), “um modelo de série temporal oferece uma descrição da natureza aleatória do processo que gerou a amostra de observações em estudo”. A suposição embutida nesses modelos, segundo os mesmos autores, é que cada componente da série de dados é extraído de maneira aleatória de uma distribuição de probabilidade, cabendo ao modelador tentar descrever as características desse processo aleatório para construir o modelo de previsão. Fava (2000) comenta que esses modelos são classificados em modelos univariados por envolverem apenas uma série de tempo.

Um detalhe importante ao se realizar previsões com esses tipos de modelos é saber se o processo estocástico que gerou a série não varia em relação ao tempo, ou seja, é saber se esse processo gerador é dito estacionário. Se o processo possuir essa característica, pode-se modelá-lo através de uma equação com coeficientes fixos que podem ser estimados a partir dos dados passados, pois se supõe que as suas propriedades estocásticas sejam invariáveis em relação ao tempo. Se, no entanto, o processo não for estacionário, pode-se torná-lo estacionário ou aproximadamente estacionário diferenciando os dados da série (PINDYCK e RUBINFELD, 2004).

Segundo os mesmos autores, processo estacionário é aquele que considera a série temporal estocástica como tendo sido gerada por um conjunto de variáveis aleatórias que representam uma função de probabilidade conjunta $p(Y_1 \dots Y_t)$. Considera, também, que uma observação futura Y_{t+1} pode ser tomada como sendo gerada por uma função de probabilidade condicional $p(Y_{t+1} / Y_1 \dots Y_t)$. Em resumo, o processo estacionário possui distribuição conjunta e condicional que não variam em relação ao deslocamento do tempo, o que significa que $p(Y_t) = p(Y_{t+m})$ para qualquer t, m , onde p significa a probabilidade de ocorrência de Y_t . Dessa forma, se a série for estacionária, para qualquer valor observado, sua média, variância e covariância das observações têm de se apresentar estacionárias.

Eles afirmam ainda que para facilitar a descrição do processo estocástico com o intuito de construir o modelo, a função de autocorrelação (ACF), que informa quanta interdependência

existe entre pontos vizinhos na série Y_t , é um fator que deve ser analisado. Para se realizar o teste conjunto de que todos os coeficientes de correlação são zero, e, portanto, a série é estacionária, utiliza-se a estatística Q de Box-Pierce. Uma outra maneira de se decidir pela estacionariedade ou não de uma série ou sobre o número de vezes que ela deveria ser diferenciada para adquirir esta característica, seria através da análise gráfica das funções de autocorrelação apresentadas em cada diferenciação. Se a série é estacionária, sua função de autocorrelação declinará à medida que o número de defasagens (*lags*) se torna maior. O ideal é que a série assumisse a forma de um “ruído branco”, ou seja, que toda função amostral (Corr) se aproximasse de zero para todos os *lags* maiores que zero. Makridakis *et al.* (1998) definem um modelo “ruído branco” como um ARIMA (0,0,0) porque, nesse caso, não existiria parte auto-regressiva (AR) no modelo, ou seja, qualquer termo Y_t da série é independente dos termos Y_{t+1} . Também não existiria nesse modelo nenhuma diferenciação envolvida, e nem a parte de médias móveis (MA), pois qualquer termo da série Y_t não dependeria dos erros, e_{t-1} .

O teste para se saber se a série é realmente um “ruído branco” é realizado pelo cálculo da estatística Q e a realização de testes de hipóteses (PINDYCK E RUBINFELD, 2004). Morettin e Toloí (1987) afirmam que os modelos Box-Jenkins são desenvolvidos para descrever o comportamento de séries que violam a hipótese de não relacionamento entre os erros.

Os modelos ARIMA podem descrever duas classes de processos:

a) Processos lineares estacionários: utilizam basicamente os três tipos de modelos:

- Processo auto-regressivo de ordem p : AR (p);
- Processo de médias móveis de ordem q : MA (q);
- Processo auto-regressivo e de médias móveis de ordem p e q : ARMA (p, q).

b) Processos lineares não-estacionários homogêneos: supõem que as séries não são estacionárias em nível e/ou inclinação. Para torná-las estacionárias, deve-se aplicar um número determinado de diferenças entre seus dados, geralmente uma ou duas (MORETTIN E TOLOI, 1987).

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), o número de vezes que a série original tem de ser diferenciada antes de resultar uma série estacionária é denominada “ordem de homogeneidade”. Estes processos são descritos pelos modelos auto-regressivos – integrados (número de diferenciações) – médias móveis de ordens p , d e q , ARIMA (p, d, q), que podem, ainda, ter incluído um operador sazonal (s_1, s_2, s_3) (MORETTIN E TOLOI, 1987).

Fava (2000), explicando de outra maneira, afirma que “os modelos ARIMA resultam da combinação de três componentes também denominados “filtros”: o componente auto-regressivo (AR), o filtro de integração (I) e o componente de médias móveis (MA)”. Esses modelos, ainda nas palavras da mesma autora, permitem prever valores futuros explorando a correlação serial que existe geralmente entre os valores da série.

Para Morettin e Toloí (1987), a classe de modelos ARIMA é capaz de descrever satisfatoriamente séries estacionárias e não-estacionárias, mas desde que não apresentem comportamento explosivo, ou seja, uma série que possua uma forte tendência ascendente (quase verticalmente), o que recebe o nome de estacionariedade homogênea.

Os modelos Box-Jenkins se dividem em: Modelos de Médias Móveis (MA), Modelos Auto-Regressivos (AR), Modelo Misto Auto-Regressivo e de Médias Móveis (ARMA) e Modelo Misto Auto-Regressivo e de Médias Móveis para processos não estacionários homogêneos (ARIMA).

a) **Modelos de Médias Móveis (MA)**

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), “no processo de médias móveis de ordem q cada observação de Y_t é gerada por uma média ponderada de perturbações aleatórias que vão para trás q períodos”. Makridakis *et al.* (1998), usando outros termos, afirmam que a relação de dependência entre os erros e a equação é chamada de MA. Esse nome advém de MA ser uma média móvel dos erros ε . O processo MA (q) é representado pela Equação 3.26:

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}. \quad (3.26)$$

Os parâmetros $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ determinam as ponderações da média móvel e podem ser positivos ou negativos.

Esses modelos supõem que cada termo de perturbação ε_t seja uma variável aleatória normalmente distribuída, com média zero, variância constante e covariância igual a zero, ou seja, supõem que as perturbações aleatórias sejam ruído branco.

Um processo de médias móveis de ordem q tem uma memória de exatamente q períodos. Como exemplo, o processo de médias móveis MA (2) tem uma memória de dois períodos, fazendo com que Y_t seja influenciado por eventos no período corrente, no primeiro período anterior ao corrente e no segundo período anterior corrente (PINDYCK E RUBINFELD, 2004).

b) Modelos Auto-Regressivos (AR)

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), “no processo auto-regressivo de ordem p a observação Y_t é gerada por uma média ponderada de observações passadas que recua p períodos, junto com uma perturbação aleatória no período corrente”. O processo AR (p), dessa forma, pode ser descrito pela seguinte equação:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \delta + \varepsilon_t, \quad (3.27)$$

sendo δ um termo constante que se relaciona à média do processo estocástico.

A soma dos parâmetros $\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_p$ deve ser menor que 1 para que o processo possa ser considerado estacionário.

Fava (2000) afirma que o modelo será estacionário se a variância de Y_t for constante e as autocovariâncias independentes de t (tempo).

c) Modelo Auto-Regressivo e de Médias Móveis (ARMA)

Alguns processos aleatórios estacionários possuem qualidades tanto auto-regressivas como de médias móveis e podem ser modelados através de um processo misto auto-regressivo e de médias móveis ARMA (p, q). Makridakis *et al.* (1998) comentam que, nesse caso, em função dos valores de p e q , Y_t vai depender dos p valores passados de Y e dos q valores passados dos erros ε . Esse processo pode ser identificado pela Equação 3.28:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \delta + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}. \quad (3.28)$$

O pressuposto é que esse processo seja estacionário, ou seja, apresente média constante ao longo do tempo. Para o processo ser estacionário a soma $\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_p$ deve ser menor que 1 (PINDYCK E RUBINFELD, 2004).

d) Modelo Auto-Regressivo e de Médias Móveis para processos não estacionários homogêneos (ARIMA)

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004) e Fava (2000), séries não-estacionárias podem ser transformadas em séries estacionárias quando suas observações são diferenciadas uma ou mais vezes.

A Equação 3.29 descreve a primeira diferenciação dos dados:

$$Z_t = \Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}, \quad (3.29)$$

sendo:

Y_t = observação Y , no período t da série Y_T sem diferenciação;

Y_{t-1} = observação Y no período $t - 1$ da série Y_T sem diferenciação;

$\Delta Y_t = Z_t$ = observação Z , no período t , pertencente a série Z_T com dados da série Y_T diferenciados a primeira vez.

Os dados da série serão diferenciados a primeira vez da seguinte forma: o valor do segundo dado será diminuído do primeiro; o terceiro será diminuído do segundo; o quarto do terceiro e assim por diante. Através desse processo, a série diferenciada pela primeira vez, Z_t , terá menos uma observação ($n - 1$ observações) do que a série original Y_t .

A segunda diferenciação dos dados pode ser representada pela Equação 3.30:

$$W_t = \Delta^2 Y_t = \Delta(\Delta Y_t) = \Delta(Y_t - Y_{t-1}) \quad (3.30)$$

A série Y_t diferenciada uma segunda vez, ou a série Z_t diferenciada uma vez, dá origem a série W_t . Os dados da série Z_t diferenciados uma vez são obtidos da seguinte forma: o valor da segunda observação diminuído da primeira observação forma a primeira observação, o valor da terceira diminuído da segunda dá origem a segunda e assim por diante. A série diferenciada duas vezes (W_t) terá $n - 2$ observações em comparação a série original Y_t . Então, após uma ou mais diferenciações da série Y_t , para torná-la estacionária, produz-se a série estacionária W_t , que pode ser agora modelada como um processo ARMA (p, q). De acordo com Pindyck e Rubinfeld (2004), a série inicial Y_t é um processo auto-regressivo

integrado e de médias móveis de ordem (p, d, q) , que pode ser escrito pela seguinte Equação 3.31:

$$\phi(B)\Delta^d Y_t = \delta + \theta(B)\varepsilon_t, \quad (3.31)$$

sendo:

$$\Delta^d Y_t = W_t;$$

d = ordem da série estacionária W_t , ou seja, o número de vezes que a série não-estacionária Y_t foi diferenciada até se tornar à série estacionária W_t ;

$\phi(B)$ = operador auto-regressivo;

$\theta(B)$ = operador de médias móveis;

$\Delta = 1 - B$, sendo que o operador B impõe uma defasagem no tempo de um período cada vez que ele é aplicado a uma variável Y_t .

Segundo Morettin e Toloí (1987), a construção de um modelo ARIMA é baseada em um ciclo com as seguintes etapas:

1. Identificação de uma classe geral de modelos que será analisada.
2. Especificação do modelo, com base na análise de autocorrelações, autocorrelações parciais e outros critérios.
3. Estimativa dos parâmetros do modelo.
4. Verificação do modelo ajustado, que é realizada através de uma análise de resíduos para medir sua adequação para realizar a previsão.
5. Se o modelo não for adequado, o ciclo se repete a partir da identificação do modelo.

Makridakis *et al.* (1998) representam na Figura 3-3, de forma esquemática, as fases de construção de um modelo ARIMA.

1) Identificação de uma classe de modelos

Segundo Makridakis *et al.* (1998), essa fase se inicia com a preparação dos dados, ou seja, com a verificação da necessidade de transformação dos dados para se estabilizar a variância e com a verificação da necessidade de se diferenciar os dados visando à obtenção de uma série estacionária. Para Morettin e Toloí (1987), a fase de preparação dos dados é anterior à fase de identificação. Para eles, essa fase começa pela identificação da ordem de integração da série,

ou seja, do valor de (d) , o que, na prática, não tornaria os resultados diferentes dos alcançados por Makridakis *et al.* (1998).

Segundo Fava (2000), se a série é estacionária, d assumirá o valor de zero. Se não for, a série terá de ser diferenciada uma ($d = 1$) ou n vezes ($d = n$) até se tornar estacionária, tanto na média quanto na variância.

A análise da função de autocorrelação (ACF), que mede a correlação serial de ordem k , ou seja, a autocorrelação entre valores de Y_t e Y_{t-k} , assume posição importante como ferramenta para identificação de d , pois, se as séries forem estacionárias, elas não devem apresentar fortes correlações seriais (FAVA, 2000).

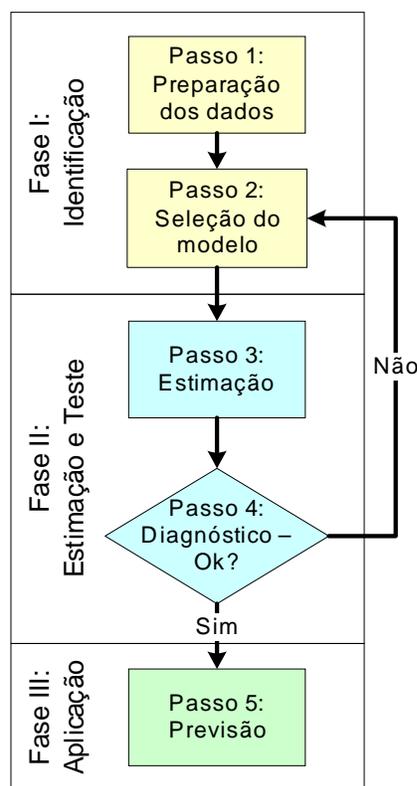


Figura 3-3 - Representação esquemática da metodologia ARIMA para modelagem de séries temporais.

Fonte: Baseado em Makridakis *et al.* (1998)

Makridakis *et al.* (1998) definem correlação como uma medida da extensão do relacionamento linear entre duas variáveis. Eles citam, como exemplo de utilização da correlação, a verificação de como um valor observado no período t (Y_t) está relacionado com o valor observado no período anterior (Y_{t-1}). Neste caso, a observação Y_{t-1} é conhecida como

observação atrasada por um período (*lagged*). É possível comparar-se também o valor Y_t com observações atrasadas por dois ou mais períodos. O ACF é a ferramenta de análise que ajuda na identificação da intensidade do relacionamento entre uma observação e a próxima.

Dessa forma, analisando-se o ACF das séries, verifica-se que se os valores dos coeficientes de autocorrelação caem lentamente, à medida que k (número de *lags*) aumenta, ou, de outra forma, que apresentam valores inicialmente altos que não caem rapidamente para um valor estatisticamente igual a zero, indica que a série é não estacionária e precisa ser diferenciada (FAVA, 2000).

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), sabe-se que, para a parte de médias móveis, a função de autocorrelação do processo (ACF) se torna zero para $k > q$, na medida em que o processo tem memória de apenas q períodos. Já a função de autocorrelação para a parte auto-regressiva do processo ARMA estacionário deve apresentar-se geometricamente amortecida. E, por último, a função de autocorrelação para o processo ARMA como um todo tem características de médias móveis para os primeiros q períodos e, depois, caráter auto-regressivo, ou seja, apresenta uma curva envolvente que declina, geometricamente.

Uma segunda forma de identificação se uma série é ou não estacionária pode ser realizada através da visualização de um gráfico tipo *time plot*. A série será estacionária se sua média e a variância não mudam, visualmente, ao longo do tempo (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998).

Uma terceira forma seria testar a hipótese conjunta de que todos os coeficientes de correlação são zero.

2) Especificação do modelo

Definida a ordem de integração d , passa-se a trabalhar com a série estacionária Y_t quando $d = 0$ e W_t quando $d > 0$. Inicia-se, em seguida, a fase de identificação dos filtros AR e MA, ou seja, dos valores das ordens p e q do modelo ARIMA.

A fase de identificação é realizada observando-se as características de dois instrumentos: a função de autocorrelação (ACF) e a função de autocorrelação parcial (PACF) da série original Y_t - se ela não foi diferenciada porque já era estacionária - ou da série diferenciada de ordem d , W_t , que se tornou estacionária. Esses dois instrumentos, portanto, indicarão o possível processo gerador da série.

A ACF mede a correlação serial de ordem k , ou seja, a autocorrelação entre Y_t e Y_{t-k} . A primeira correlação (Corr_1), então, mede a relação de Y_1 com todos os outros valores de Y na

série, o valor de $(Corr_2)$ mede a relação de Y_2 com todos os outros valores de Y na série e assim sucessivamente. O somatório de $Corr_1, Corr_2, \dots, Corr_n$ forma a função ACF.

Já a PACF mede a correlação entre Y_t e Y_{t-k} , depois que a influência de $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k+1}$ sobre Y_t foi descontada.

Segundo Makridakis *et al.* (1998), um modelo ARIMA (p, d, q) apresenta uma variedade grande de padrões no ACF e PACF. Seria, portanto, insensato, segundo esses autores, a definição de regras para identificar os valores de p e q . Entretanto, para eles, os mais simples modelos AR (p) e MA (q) ajudam na identificação inicial do modelo ARIMA. Pindyck e Rubinfeld (2004) e Fava (2000), conforme será visto a seguir, fornecem boas dicas para se encontrar o valor de p e q inicial ou de partida do modelo.

O Quadro 3-1 mostra que, através da observação das funções ACF e PACF, pode-se identificar o tipo de processo. Como exemplo, se o modelo for AR (1) a PACF será truncada em $k = 1 = p$, pois a PACF é resultante de sucessivas auto-regressões e como AR (1) só tem Y_{t-1} como variável explicativa de Y_t , somente o coeficiente associado a ela será estatisticamente diferente de zero. Além disso, sua ACF declinará exponencialmente à medida que k aumenta, pois o módulo de ϕ é menor que 1.

Quadro 3-1 - Identificação das ordens p e q .

PROCESSO	ACF	PACF
AR(p)	declinante	truncada em $k = p$
MA(p)	truncada em $k = q$	declinante
ARMA (p, q)	declinante	declinante

Fonte: FAVA (2000)

Se o modelo for AR (p) , a ACF continuará declinando com características exponenciais ou ondas senoidais amortecidas. Já a PACF será truncada em $k = p$ (FAVA, 2000).

Pindyck e Rubinfeld (2004), entretanto, afirmam que para se identificar a ordem p e se construir modelos auto-regressivos, é importante se observar o momento em que as autocorrelações parciais (Corr) deixam de ser próximas de zero ou estatisticamente não significativas. A significância estatística de uma autocorrelação pode ser averiguada através do teste de *Barlett*. Esse teste pode ser usado para testar a significância das autocorrelações (Corr) e das autocorrelações parciais (Pac). O teste mostra que “quando uma série temporal é gerada por um ruído branco, os coeficientes da função de autocorrelação (Corr), para $k > 0$,

são distribuídos aproximadamente de acordo com uma distribuição normal com média zero e desvio padrão igual à $1/\sqrt{n}$. Para se calcular a significância, esse teste sugere, como exemplo, considerando-se uma amostra de 144 observações ($n = 144$), verificar se os valores absolutos das autocorrelações parciais (corr) são, ao nível de significância de 5%, inferiores a 0,167 ($2/\sqrt{144}$). Neste caso, serão considerados não significativos, ou seja, próximos de zero. Para Fava (2000), se o modelo for MA (1), a PACF deverá estar truncada em $k = 1 = q$, e depois decrescer exponencialmente com condição de invertibilidade no ponto onde o módulo de θ seja menor que 1. Se o modelo for MA (q), a ACF será truncada em $k = p$ e a PACF decrescerá à medida que k aumenta. Contudo, esse decrescimento não seguirá nenhum padrão fixo.

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), pode-se identificar a estacionariedade da série, ao se analisar um modelo de média móvel de ordem q , observando se a função de autocorrelação ACF se torna menor à medida que k (o número de *lags* ou defasagens) se torna maior. A função de autocorrelação (ACF) também é importante na identificação da ordem da média móvel, ou seja, do valor de q , pois se o processo é de ordem q , as autocorrelações amostrais devem ser todas próximas de zero para defasagens (*lags*) superiores a q . Ou seja, para o processo MA (q), essa função apresentará q valores diferentes de zero e será igual a zero para $k > q$. No ponto que k é próxima a zero encontra-se, dessa forma, a ordem q apropriada para o modelo MA.

Em relação ao modelo ARMA (1,1), Fava (2000) comenta que, como o módulo de ϕ é menor que 1, a ACF deverá ser declinante e a condição de invertibilidade do módulo de θ menor que 1 implica que a PACF decresce quando k aumenta. A mesma autora afirma, porém, que se nenhuma das funções for truncada, os valores de p e q não poderão ser identificados de maneira clara.

3) Estimação dos parâmetros do modelo

Conforme Fava (2000), determinados os valores de p , d e q , pode-se estimar os p parâmetros ϕ , os q parâmetros θ e o valor da variância dos erros do modelo ε_t :

$$W_t = \phi_1 W_{t-1} + \phi_2 W_{t-2} + \dots + \phi_p W_{t-p} + \delta + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}, \quad (3.32)$$

na qual $W_t = \Delta^d Y_t = (1 - B)^d Y_t$.

Nessa fase são usados programas de computador para encontrar, automaticamente, a estimativa inicial dos parâmetros e, através de refinações sucessivas usando o método dos Mínimos Quadrados Ordinários ou Máxima Estimação de Probabilidade, encontrar os parâmetros ótimos (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998).

4) Verificação

Segundo Fava (2000), nessa etapa, verificar-se-á se o modelo estimado é adequado. Como uma primeira verificação do modelo ARMA (p, q) estimado, Pindyck e Rubinfeld (2004) afirmam que se deve calcular a função de autocorrelação (ACF) para os seus resíduos e determinar se eles parecem ser ruído branco, ou seja, os termos dos erros aleatórios ε_t no processo efetivo terem distribuição normal e serem independentes, apresentando média zero e variância constante. Para isso, os resíduos quase não devem ter correlação entre si, apresentando função de autocorrelação amostral próxima de zero (ou estatisticamente igual a zero) para um deslocamento $k \geq 1$. Se essas condições não forem preenchidas, deve-se tentar outra especificação.

Makridakis *et al.* (1998) alegam que a ACF dos erros de previsão são úteis para determinar a existência ou não de padrões remanescentes nos erros ou resíduos que, se existirem, indicariam que o método de previsão poderia ser melhorado. Eles alegam, entretanto, não ser necessário que todos os coeficientes sejam estatisticamente iguais a zero, pois os coeficientes de autocorrelação de dados “ruídos branco” possuem distribuição normal com média zero e desvio padrão $1/\sqrt{n}$, com n sendo o número de observações da série. Para eles, em função dessa característica, é aceitável que aproximadamente 95% de todos os coeficientes de autocorrelação amostrais estejam entre $\pm 1,96/\sqrt{n}$. Esse limite é conhecido como “valores críticos” e aparecem no gráfico de ACF e PACF como linhas horizontais vermelhas.

Como segunda verificação, Fava (2000) sugere a realização de um teste para verificar se o conjunto de todas as correlações dos resíduos pode ser considerado estatisticamente igual a zero. Esse teste calcula a estatística $Q(K)$ de Ljung-Box, que possui distribuição qui-quadrado com $k - p - q$ graus de liberdade, com k sendo o número de *lags* considerados, que, normalmente, para Makridakis *et al.* (1998), assume o valor igual a 20. Se o valor da estatística qui-quadrado tabelado for maior que o valor $Q(K)$ de Ljung-Box, aceita-se a hipótese de que os resíduos, em seu conjunto, são estatisticamente iguais a zero.

A Equação para se calcular a estatística $Q(K)$ de Ljung-Box é:

$$Q^* = n(n+2) \sum_{k=1}^k (n-k)^{-1} \text{Corr}^2, \quad (3.33)$$

sendo:

n = número de observações da série diferenciada ou não diferenciada usada;

k = número de *lags* considerados;

Corr = valor da autocorrelações observadas em cada *lag*.

Pindyck e Rubinfeld (2004) e Makridakis *et al.* (1998) afirmam que o teste conjunto pode ser realizado também através da estatística Q introduzida por Box e Pierce, calculada pela Equação 3.34 abaixo:

$$Q = n \times \sum_{k=1}^k \text{Corr}^2, \quad (3.34)$$

sendo que n e k possuem o mesmo significado indicado na explicação da Equação 3.33.

Box e Pierce mostraram que a estatística Q é distribuída aproximadamente como qui-quadrado com k graus de liberdade, onde k é o número de defasagens ou *lags* considerados. Se o valor de Q for superior, por exemplo, ao nível crítico tabelado de 5%, pode-se ter 95% de certeza de que os verdadeiros coeficientes de correlação não são todos zero.

Makridakis *et al.* (1998), no entanto, afirmam que, às vezes, esses testes falham e não se deve aceitar um modelo só com base neles.

Uma terceira forma de verificação do modelo simulado, sugerida por Pindyck e Rubinfeld (2004), consiste na comparação da função de autocorrelação amostral da série original com a função de autocorrelação da série gerada pelo modelo. Se elas se mostrarem muito diferentes, pode-se duvidar da validade do modelo.

Uma quarta verificação consiste, segundo Fava (2000), em pesquisar se o modelo não se apresenta superespecificado (p e/ou q maiores do que o devido) ou subespecificado (p e/ou q menores do que o devido). Essa etapa verifica o princípio da parcimônia que afirma que o modelo não deve conter parâmetros em excesso. A verificação da existência de parâmetros redundantes (superespecificação) é feita com base no erro-padrão dos coeficientes AR e MA e na correlação entre eles. Se o valor de um coeficiente estimado for pequeno em relação a seu erro-padrão, isso indica sua insignificância estatística e Fava (2000) afirma ser provável ter ocorrido superespecificação. Caso isso ocorra com o coeficiente de maior ordem, como por

exemplo, o quinto parâmetro MA de um modelo ARIMA (2,5), deve-se suprimi-lo e se estimar um modelo de menor ordem. Se não for o parâmetro de menor ordem, deve-se analisar sua correlação com os demais coeficientes do modelo. Se ela for alta, poderia indicar que um dos dois pode ser redundante.

Verificada a possibilidade de superespecificação, deve-se verificar se está havendo subespecificação, o que é feito através da introdução de parâmetros adicionais e testando sua significância estatística.

Por fim, como um complemento para o quarto teste, o quinto teste verificará, também, a significância dos parâmetros através da análise dos *p-value* de cada valor de T. O valor de T fornece a taxa estimada do erro padrão para cada parâmetro. Os *p-value* são calculados usando um teste T, encontrado numa tabela de normalidade. O *p-value*, para qualquer parâmetro, é obtido encontrando a probabilidade do erro padrão de cada parâmetro ser maior que T e menor que menos T. O teste é considerado significativo se o *p-value* é menor que 0,05. Nesse caso, os parâmetros são altamente significantes e necessários em tomar parte no modelo. Se um deles não tiver sido significativo, pode ser possível melhorar o modelo com a sua retirada (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998).

Por fim, pode-se ainda aplicar à função de autocorrelação da amostra (ACF) o teste de Box e Pierce que considera um modelo corretamente especificado quando as autocorrelações dos resíduos (Corr dos resíduos) são variáveis aleatórias não correlacionadas e que têm distribuição normal com média zero e variância $1/n$, sendo n o número de observações da série. O teste em questão, considera as primeiras k correlações de resíduos $corr_1, corr_2, \dots, corr_k$ e calcula a estatística Q através da Equação 3.35:

$$Q = T \times \sum_{k=1}^k \text{Corresíduos}^2, \quad (3.35)$$

sendo:

T = número de observações na série;

k = número de defasagens (*lags*) consideradas,

p = ordem do modelo auto-regressivo;

q = ordem do modelo de médias móveis.

Corresíduos = valor das autocorrelações em cada lag dos resíduos.

A estatística Q sendo a soma de variáveis aleatórias independentes que possuem distribuição normal, cada uma delas com média zero e variância $1/T$, possuem uma distribuição aproximadamente qui-quadrado com $(k - p - q)$ graus de liberdade. Dessa forma, pode-se aplicar um teste de hipótese de precisão do modelo, comparando-se o valor observado de Q com os pontos de uma tabela qui-quadrado.

Pindyck e Rubinfeld (2004) comentam poder ocorrer que duas ou mais especificações sejam aprovadas na fase de verificação. Nesse caso, eles sugerem que todas essas especificações sejam averiguadas para se escolher uma delas, geralmente com base em um indicador de desempenho para realizar a previsão. Em alguns exemplos, eles sugerem a escolha da especificação que apresenta a menor estatística qui-quadrado obtida através do teste Box-Pierce, mas considerando e pesando o número de graus de liberdade que muda com os valores p e q de cada especificação.

Fava (2000), porém, afirma que no caso de empate entre dois modelos, o desempate pode ser feito comparando a estimativa da variância dos erros. Quanto menor ela for, melhor em princípio o modelo.

Já para Morettin e Toloí (1987), o melhor modelo, quando o seu propósito é realizar uma previsão, é aquele que fornece o menor erro quadrático médio da previsão. Na mesma direção, Pindyck e Rubinfeld (2004), afirmam que o melhor modelo é aquele que consegue capturar de maneira mais precisa a verdadeira distribuição de probabilidades e, dessa forma, o verdadeiro comportamento aleatório da série. Deve-se, então, escolher os parâmetros p e q que minimizam a soma de quadrados das diferenças entre a série temporal efetiva $\Delta^d Y_t = W_t$ e a série temporal ajustada \hat{W}_t . Isto significa o mesmo que encontrar o conjunto de parâmetros auto-regressivos $(\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p)$ e um conjunto de parâmetros de médias-móveis $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q)$ que minimize a soma de quadrados dos erros.

3.2.2.5 Métodos de projeção de tendência

Segundo Levine *et al.* (1997), a tendência pode ser estudada como um suporte para se fazer projeções, principalmente sobre prognósticos de médio e longo prazo. Ela também pode ser utilizada para isolar e eliminar sua influência no modelo de séries temporais, como um fator norteador para se realizar previsões de curto prazo (1 ano ou menos). Para detectá-la, deve-se construir um gráfico (*time-plot*), no qual os dados observados (variável dependente) são colocados no eixo vertical, e a variável tempo no eixo horizontal. Se através da análise desse

gráfico, for verificada que uma tendência linear poderia se ajustar aos dados, pode-se utilizar para realizar esse ajuste, entre outros, o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) ou de Ajustamento Exponencial Duplo. Se, entretanto, os dados da série temporal indicarem algum movimento curvilinear, pode-se usar tanto o MMQ quanto o Ajuste Exponencial Triplo para ajustar esses dados.

Os modelos de projeção de tendência se dividem em Análise de Tendência Linear (ATL), Análise de Tendência Quadrática (ATQ), Análise de Tendência Exponencial (ATE) e Análise de Tendência Logística (ATLOG).

A Análise de Tendência Linear (ATL) é utilizada quando se acredita que uma série Y_t aumentará em montantes absolutos e constantes em cada período de tempo, situação que faz com que se possa prever \hat{Y}_t ajustando uma linha de tendência (PINDYCK e RUBINFELD, 2004).

No método ATL é utilizado o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) para ajustar uma linha reta na forma:

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 X_t, \quad (3.36)$$

sendo:

\hat{Y}_t = valor previsto de Y_t ;

b_1 = inclinação da reta;

b_0 = interseção do eixo y;

X_t = é o tempo, que será zero na primeira observação, 1 (um) na segunda, 2 (dois) na terceira e assim sucessivamente.

Para se obter a linha de tendência linear, calcula-se a interseção b_0 e a inclinação b_1 através de uma análise de regressão linear, que minimize as diferenças entre os valores observados Y_t e os valores previstos \hat{Y}_t . Uma vez que os valores de b_0 e b_1 tenham sido calculados, pode-se substituir valores de X , na equação da reta, para se prever os valores de Y .

A Análise de Tendência Quadrática (ATQ) também utiliza o MMQ para ajustar a equação de tendência quadrática, como é apresentado na Equação 3.37 (LEVINE *et al.*, 1997):

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 X_t + b_2 X_t^2, \quad (3.37)$$

sendo:

\hat{Y}_t = valor previsto de Y_t ;

b_0 = interseção de Y estimada;

b_1 = efeito linear estimado em Y ;

b_2 = efeito curvilíneo estimado em Y ;

X_t = tempo.

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), se b_1 e b_2 são positivos, \hat{Y}_t estará crescendo mais rapidamente à medida que passa o tempo. Se b_1 for negativo e b_2 for positivo, \hat{Y}_t diminuirá primeiro para mais tarde aumentar. Pode também acontecer, em razão dos dados só dizerem respeito a uma parte da curva de tendência, de b_2 ser positivo e b_1 negativo.

Segundo Levine *et al.* (1997), a Análise de Tendência Exponencial (ATE) é utilizada se “uma série parece estar crescendo a uma taxa tal que a diferença percentual de uma observação para outra seja constante”. A equação desse modelo assume a forma da Equação 3.38:

$$\hat{Y}_t = b_0 b_1^{X_t}, \quad (3.38)$$

sendo:

\hat{Y}_t = valor previsto;

b_0 = interseção estimada de Y ;

$(b_1 - 1) \times 100\%$ = taxa de crescimento composta anual estimada (em percentual).

Para que a Equação 3.38 possa ser resolvida pelo MMQ, aplica-se o logaritmo de base 10 nos seus dois lados, resultando na Equação 3.39:

$$\log \hat{Y}_t = \log b_0 + X_t \log b_1. \quad (3.39)$$

Essa equação agora possui a forma linear, podendo-se aplicar o MMQ e obter-se a inclinação $\log b_1$ e a interseção de Y ($\log b_0$) para, na seqüência, se calcular os valores de $\log \hat{Y}_t$. Para se calcular os valores de \hat{Y}_t , basta retransformar os valores logaritmizados de \hat{Y}_t ($\log \hat{Y}_t$) para \hat{Y}_t (LEVINE *et al.*, 1997).

O Modelo de Tendência Logística (ATLOG), segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), apresenta a seguinte equação da curva logística:

$$Y_t = \frac{1}{k + ab^t} \quad b > 0. \quad (3.40)$$

Essa equação não é linear e seus parâmetros, k , a e b devem ser estimados por métodos não lineares.

3.3 A escolha do método ou métodos de previsão

Enquanto cada técnica tem pontos fortes e fracos, cada situação de previsão é limitada por variáveis como tempo, recursos financeiros, competências ou dados. Balancear as vantagens e desvantagens das técnicas com respeito às limitações e situações requeridas é uma tarefa gerencial das mais difíceis (GEORGOFF e MURDICK, 1986).

Segundo Davis *et al.* (2001) e Moreira (2001), o modelo ou modelos de previsão que uma empresa deve adotar depende de uma série de fatores, incluindo:

- horizonte de previsão;
- disponibilidade de dados;
- precisão necessária;
- tamanho do orçamento da previsão (custo);
- disponibilidade de pessoal qualificado;
- impulso de resposta e o amortecimento de ruídos;
- natureza dos produtos e serviços.

Davis *et al.* (2001) elaboraram o Quadro 3-2, comparando vários métodos em relação ao horizonte de tempo, complexidade do modelo, sua precisão e dados necessários para se realizar a previsão.

Quadro 3-2 - Comparação das técnicas de previsão de demanda.

Técnicas	Horizonte tempo	Complexidade Modelo	Precisão Modelo	Dados Necessários
Qualitativo				
Método Delphi	longo	alta	variável	muitos
Séries Temporais				
Média Móvel	curto	muito baixa	média	poucos
Média Móvel Ponderada Exponencialmente	curto	baixa	adequada	muito poucos
Regressão Linear	longo	média/alta	média/alta	muitos
Causal				
Análise de Regressão	longo	adequada	alta	muitos

Fonte: Davis *et al.* (2001)

Segundo Moreira (2001), alguns métodos se mostram melhores para previsões de longo prazo (vários anos futuros), enquanto outros são aplicados às previsões para períodos mais curtos, como meses, semanas ou mesmo dias.

A escolha de um método apropriado de previsão é afetada pela natureza dos recursos de produção que serão previstos. Trabalhadores, caixa, inventários e tempo de máquinas são, por natureza, de curto prazo e podem ser previstas com a média móvel ou modelos exponenciais *smoothing*. Recursos de produção de longo prazo como capacidade da fábrica e fundos de investimento podem ser estimados por regressão, consenso de um comitê de executivos, pesquisa de mercado ou outro método apropriado para previsões de longo prazo (GAITHER e FRAZIER, 2001).

Segundo Davis *et al.* (2001), os modelos de longo prazo são mais complexos e necessitam de muito mais dados de entrada, mas fornecem, em contrapartida, um grau mais elevado de precisão. Além disso, modelos de longo prazo conseguem detectar tendências, e são especialmente úteis na identificação de pontos críticos. Já os modelos de curto prazo compensam as variações aleatórias e se ajustam a mudanças como, por exemplo, a sensibilidade de clientes e introdução de novos produtos, além de serem mais úteis na presença de sazonalidade.

Corrêa *et al.* (1997) dividem o horizonte de tempo das previsões da seguinte forma:

- Previsões de curto prazo: neste caso, normalmente, é utilizada a hipótese de que o futuro seja uma continuação do passado, ao menos do passado recente, ou seja, as

mesmas tendências de crescimento ou declínio observadas no passado devem permanecer no futuro. A técnica utilizada geralmente é a da projeção entre as vendas passadas e o tempo, considerando-se que ocorrerá um comportamento similar no futuro.

- Previsões de médio prazo: quando o horizonte da previsão começa a aumentar, a hipótese de que o futuro vai repetir o passado deixa em geral de ser válida e o peso dado à análise estatística passa a ser mais importante. Deve-se, então, adotar os modelos causais de explicação, baseados na hipótese de que as relações que haviam no passado, entre as vendas e outras variáveis explicativas, continuam a existir no futuro.
- Previsões de longo prazo (vários anos à frente): a hipótese de que as relações que haviam no passado, entre as vendas e outras variáveis, deixam muitas vezes de ser válidas porque mudanças tecnológicas, de *design* ou a introdução de produtos substitutos podem alterar as relações anteriormente válidas. Nesses casos, adota-se a hipótese de que o futuro não guarda relação direta com o passado, pelo menos uma relação que possa ser modelada matematicamente. A previsão deve ser derivada, portanto, da opinião de especialistas.

Para Moreira (2001), entretanto, quer a previsão seja de longo prazo (2 a 10 anos), médio prazo (1 a 2 anos) ou curto prazo (até um ano), o melhor método será o que fornece os valores mais próximos entre a previsão e a demanda real. Os resultados empíricos indicam que os métodos qualitativos e causais parecem adaptar-se melhor às previsões de médio e longo prazo, enquanto a análise de séries temporais, particularmente pelos métodos de médias, parecem adequar-se mais as previsões de curto prazo.

Ainda segundo Moreira (2001), nenhum método conduz a resultados perfeitos, e a chance de erro é tanto maior quanto maior for o horizonte de previsão, pois fatores aleatórios, que nenhuma previsão consegue captar, passam a exercer mais e mais influências. Além da maior presença de fatores aleatórios, Georgoff e Murdick (1986) afirmam que, à medida que aumenta o horizonte de tempo, aumentam-se a complexidade, o custo e o tempo para desenvolver a previsão, tornando o processo de escolha do método mais confuso. Ord (2001) complementa afirmando que se o horizonte aumenta é de se esperar que a medida utilizada para o erro também aumente.

Uma maior precisão da previsão poderá, muitas vezes, ser obtida com maior custo, pois, nesse caso, o modelo irá requerer mais dados que, por sua vez, serão mais difíceis de serem coletados. Além disso, os modelos serão mais custosos também em *design*, implementação e

operacionalização. Em muitas situações, entretanto, métodos de previsão simples e de baixo custo tendem a providenciar previsões que são tão precisas quanto as dos mais complexos e custosos métodos, o que descarta a existência de uma contradição (*trade off*) entre custo e precisão (GAITHER e FRAZIER, 2001; SANDERS e RITZMAN, 1989).

Os dados que se encontram disponíveis são de grande relevância para previsão, e essa disponibilidade é um fator importante na escolha do método de previsão. Antes de escolher uma técnica, deve-se considerar a extensão, a aceitabilidade, a precisão e a representatividade dos dados. Maior quantidade de dados tende a melhorar a precisão, assim como dados que se apresentam de forma detalhada valem mais que dados que se apresentam de forma agregada.

Os gerentes são aconselhados a usar diferentes métodos de previsão para diferentes produtos. Fatores como se o produto é de alto volume e alto custo, se é produto ou serviço, se a demanda do produto demonstra flutuação sazonal, ou crescimento ou declínio, e onde o produto está em seu ciclo de vida afetam a escolha de um método de previsão (GAITHER e FRAZIER, 2001)

Deve-se considerar ainda que cada modelo de previsão difere em relação ao seu impulso de resposta e habilidade para amortecer ruídos, sendo que o modelo selecionado deve ajustar-se à situação existente de cada previsão.

3.4 A combinação de métodos de previsão

Georgoff e Murdick (1986) afirmam que, em razão de cada técnica de previsão ter seus pontos fortes e pontos fracos, a utilização de uma combinação dessas técnicas pode melhorar a precisão da previsão. Makridakis (1989), no mesmo sentido, diz que “existem poucas dúvidas que a combinação melhora a desempenho da previsão [...]. Além disso, a combinação de métodos reduz os erros de previsão consideravelmente [...], pois eles ficam na média”. Sanders e Ritzman (1989), por sua vez, afirmam que a combinação pode melhorar dramaticamente a precisão da previsão. Ord (2001), da mesma forma, reafirma que a precisão da combinação de vários métodos supera, na média, os métodos individuais utilizados na combinação.

Makridakis (1989) cita que existem muitos fatores que podem deteriorar o desempenho de uma previsão que só utiliza um único método individual, o que acaba colaborando para aumentar o tamanho de seus erros. Dentre alguns desses fatores ele cita:

- Instabilidade ou mudanças nos padrões ou relacionamentos dos dados: os modelos estatísticos assumem que os padrões e relacionamentos dos dados são constantes,

o que é raro de ocorrer no mundo real, devido à ocorrência de eventos especiais como moda, ciclos etc, que trazem mudanças sistemáticas e introduzem erros não aleatórios na previsão;

- Perigo de se estar medindo coisas erradas: se os dados da demanda passada não representarem realmente o que se quer medir, pode-se introduzir uma tendência sistemática na previsão, diminuindo sua precisão;
- Modelos que minimizam erros passados: os métodos de previsão disponíveis selecionam o melhor modelo utilizando-se de um critério que depende de quão bem ele minimiza, para o período seguinte, os erros de previsão quando esses são testados em relação aos dados disponíveis. Entretanto, esses modelos podem ser tendenciosos na predição dos valores futuros quando ocorrem mudanças de padrões ou relacionamentos dos dados ou quando a previsão é realizada para períodos maiores do que o período imediatamente à frente.

Georgoff e Murdick (1986) acrescentam ainda que, como cada método tem suas vantagens e desvantagens, o previsor pode compensar algumas limitações de uma técnica com as vantagens de outras através de uma combinação de métodos. Clemen (1989) afirma que a análise de séries temporais se baseia na identificação do processo fundamental, na sua modelagem, na estimação dos parâmetros, na validação do método e, por último, na geração da previsão. Quando não se consegue, porém, identificar o processo fundamental, a combinação de diferentes métodos de previsão teria a vantagem de ser capaz de capturar diferentes aspectos das informações disponíveis para se realizar a previsão.

Hibon e Eugeniou (2005) realizaram estudo testando se a melhor combinação possível entre alguns métodos possui melhor desempenho do que o melhor método individual. Eles testaram também, nesse estudo, se quando não se sabe qual é o melhor método individual é menos arriscado optar pela combinação. As conclusões a que chegaram foram que escolher um único método é mais arriscado, ou seja, o risco de errar é maior. Além disso, concluíram também que, ao se utilizar um método diferente ou uma combinação deles para cada série temporal, na média, o melhor método individual é similar em desempenho a melhor combinação. Porém, o desempenho da combinação cai significativamente quando se combinam mais e mais métodos. Makridakis *et al.* (1982), em estudo realizado, constatou que uma média simples de seis métodos apresentava melhor desempenho do que o melhor método individual incluído na média. Eles chegaram à conclusão, dessa forma, que a combinação realizada com poucos métodos poderia ser usada para reduzir os erros da previsão.

3.5 Medidas de desempenho e erros de previsão

Erro de previsão é a diferença entre a demanda prevista e a demanda que realmente ocorreu. Para Davis *et al.* (2001), entretanto, se o valor previsto está dentro do intervalo de confiança, ele não pode ser considerado um erro.

Segundo Corrêa *et al.* (1997), qualquer processo de planejamento sofre em razão dos erros de previsão, que se originam de duas fontes: do próprio mercado, devido a sua alta instabilidade; ou do próprio sistema de previsão. A primeira fonte não se traduz em um problema, pois os concorrentes também são afetados por ela. Já a segunda fonte é um problema se a previsão da empresa for pior que a dos concorrentes.

Conforme Davis *et al.* (2001), os erros podem ser classificados em:

- Erros de distorção: ocorrem quando acontece um equívoco consistente, isto é, a previsão de demanda é sempre muito alta. Suas origens são: falhas na inclusão dos valores corretos; utilização de relacionamentos errados entre as variáveis; emprego de linha de tendência errada; localização da demanda sazonal em pontos diferentes de onde ela normalmente ocorre; existência de algumas tendências indeterminadas.
- Erros aleatórios: são aqueles que não podem ser explicados pelo modelo de previsão. Esses erros são referenciados como um “ruído” no modelo.

Para Gaither e Frazier (2001), se for constatado que os valores previstos estão muito próximos dos dados atuais, ou seja, que os erros são baixos, pode-se dizer que a previsão possui alta confiabilidade e precisão. Ainda para os mesmos autores, existem três medidas, normalmente utilizadas, para se medir a precisão:

- O desvio-padrão da previsão (S_{yx}): ele pode ser utilizado para se determinar um intervalo de confiança para a previsão. Uma forma de se controlar o desempenho da linha reta como preditor, nos modelos causais, é verificar se a demanda real cai dentro do intervalo de confiança para a demanda prevista. Essa decisão é motivada pelo fato de que, se a reta for um bom preditor, há poucas chances da demanda real cair fora do intervalo de confiança – por exemplo, apenas 3 chances em 1000 no caso de intervalo de 99,7%. Em ocorrendo o deslocamento, é preferível acreditar na ineficácia do modelo (MOREIRA, 2001). O seu cálculo é dado pela Equação 3.41:

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\left(Y - \hat{Y}\right)^2}{n - 2}}. \quad (3.41)$$

- O erro quadrado médio (MSE), que é calculado pela seguinte Equação 3.42:

$$MSE = \left(S_{yx}\right)^2. \quad (3.42)$$

- O desvio médio absoluto (MAD), que é calculado pela Equação 3.43:

$$MAD = \frac{\left|\sum_{t=1}^t Y_t - \hat{Y}_t\right|}{n}, \quad (3.43)$$

sendo:

Y_t = demandas atuais;

\hat{Y}_t = demandas previstas;

n = número de períodos considerados na previsão.

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. Ele não necessariamente está limitado às médias, pois é possível e perfeitamente válido comparar-se previsões realizadas através de ajustamentos de reta e previsões realizadas por algum tipo de média, calculando-se o MAD para ambos os métodos. Ord (2001), entretanto, afirma que o ranking do desempenho dos vários métodos varia de acordo com a medida do erro utilizado.

Se o MAD é pequeno, os dados atuais seguem de perto as previsões das variáveis dependentes e o modelo de previsão é preciso. Se os erros de previsão são normalmente distribuídos, os valores de MAD e S_{yx} são relacionados pela Equação 3.44:

$$S_{yx} = 1,25 \times MAD. \quad (3.44)$$

O MAD, S_{yx} , e MSE são usados para medir a precisão pós-fato ocorrido de modelos de previsão de curto e de longo prazo. Além de permitir a escolha entre modelos alternativos de previsão, o MAD ou o MSE têm uma utilidade adicional que é escolher o menor valor de α no método de previsão SSE e do menor valor de α e δ no DSE. Basta aplicar a média móvel exponencialmente ponderada aos dados existentes (demanda real) usando vários valores de α para obter diferentes previsões. O valor de α que conduzir ao menor MAD (ou MSE) é então adotado (MOREIRA, 2001).

Para 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 maioria que prefere o MAD. O mesmo autor afirma também que, além de se utilizar o MAD como medida de precisão, deve-se, uma vez o modelo tenha sido ajustado a uma série temporal, fazer o gráfico dos resíduos (diferença entre os dados observados e os dados ajustados) ao longo dos n períodos de tempo. Esse gráfico mostra, segundo os mesmos autores, que “se o modelo em questão se ajustar adequadamente, os resíduos representam o componente irregular da série temporal, e deveriam portanto ser distribuídos aleatoriamente ao longo da série”. Se, entretanto, o modelo não se ajustar adequadamente, os resíduos podem demonstrar um padrão sistemático, o que pode significar que se deixou de levar em conta uma tendência, uma variação cíclica ou variações sazonais.

4 METODOLOGIA

Silva e Menezes (2005) definem a palavra pesquisa como um “conjunto de ações propostas para encontrar a solução para um problema que tem por base procedimentos racionais e sistemáticos”. A pesquisa quando incorpora o caráter científico, segundo os mesmos autores, é descrita como sendo “a realização concreta de uma investigação planejada e desenvolvida de acordo com as normas consagradas pela metodologia científica”. Reale (2002) define método como sendo “um processo ordenatório da razão, capaz de conduzir-nos a determinados resultados certos e comprovados, ou pelo menos suscetíveis de fundado consenso”.

Das definições acima, portanto, pode-se concluir que a pesquisa científica é conduzida seguindo de maneira rigorosa um método científico, ou seja, um conjunto de etapas e operações mentais e seqüenciais que devem ser perseguidas, alcançadas e superadas na investigação e solução de um fenômeno ou problema.

No presente trabalho, são três os objetivos específicos: prever a demanda de café solúvel, torrado e moído; verificar se a combinação de métodos apresenta melhor desempenho do que os métodos individuais; e verificar se a combinação reduz o risco associado à previsão quando se escolhe um único método para tal.

Antes de se comentar sobre a classificação da pesquisa científica utilizada nesse trabalho, é importante definir-se, primeiramente, o que vem a ser um modelo. Um modelo, segundo Bertrand e Fransoo (2002) é “uma abstração da realidade no sentido de que nem toda realidade pode ser captada por ele”. Alguns aspectos do problema (algumas variáveis que também podem explicar parte do problema), dessa forma, podem ser deixados de fora do modelo, pressupondo-se que elas não são capazes de afetar de maneira efetiva a solução apresentada por ele. Sargent (2004) define modelo conceitual como uma “representação matemática, lógica ou verbal de um problema desenvolvido para um estudo particular”. É a modelagem de um sistema, para os objetivos de estudo da simulação, utilizando o entendimento do sistema contido em referencial teórico. Bertrand e Fransoo (2002) definem modelo científico como aquele “que pode ser usado para predizer o comportamento do desempenho operacional de um processo, podendo este ser validado empiricamente de alguma forma”. O modelo científico, para Sargent (2004), o qual ele chama de modelo computadorizado, seria um modelo conceitual implementado em um computador.

Neste trabalho foi utilizada a técnica de séries temporais para predizer o comportamento futuro do consumo de café. Estas técnicas se baseiam na captação dos padrões dos dados históricos do próprio consumo de café, ou seja, da própria variável que se quer prever, para predizer o consumo futuro. Elas, portanto, não utilizam relacionamentos causais para explicar o passado ou futuro, mas apenas consideram o próprio processo gerador dos dados para tal. Para se realizar a previsão, utilizando técnicas de séries temporais, os modelos científicos já se encontram, destarte, prontos na literatura e disponíveis em alguns pacotes de *software*. Dessa forma, o pesquisador não precisou realizar o trabalho de verificar, através de um estudo teórico e lógico do processo, quais seriam as variáveis que causariam impacto nele, para, em seguida, elaborar um modelo conceitual e dele um modelo científico, que pode ser matemático, estatístico, computacional etc.

4.1 Classificação da pesquisa

Para se solucionar um problema do objeto de estudo, deve-se conduzir uma pesquisa científica que pode ser classificada, dependendo da sua natureza, objetivos, forma de abordar o problema e procedimentos técnicos, nos seguintes tipos apresentados na Figura 4-1.

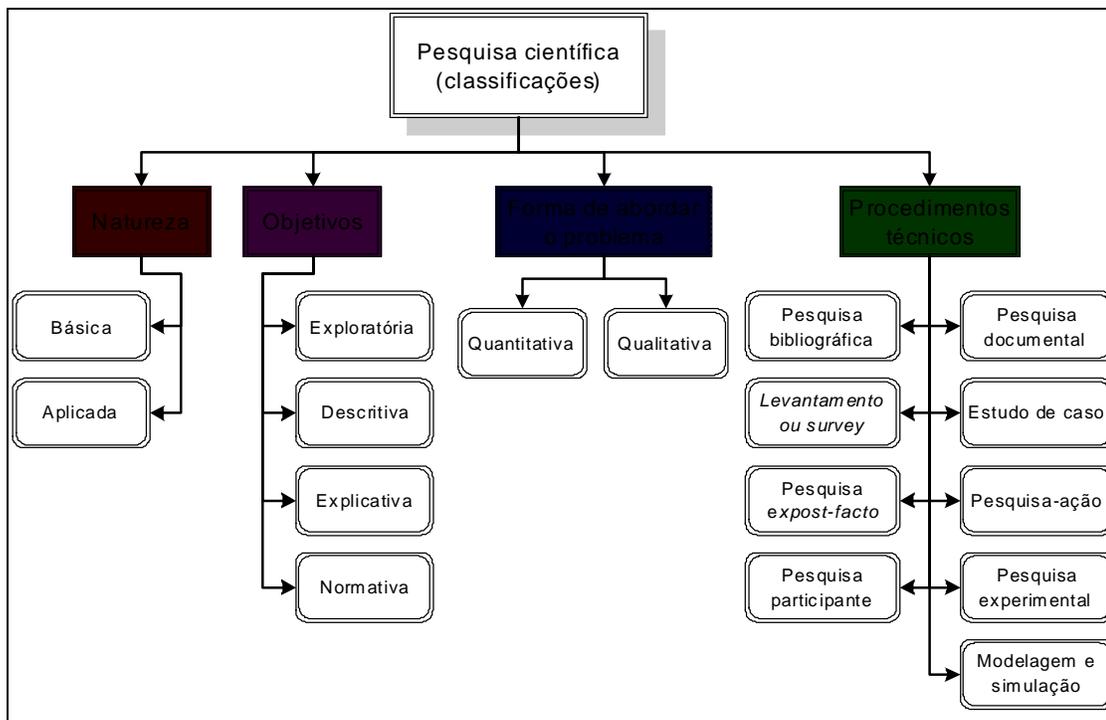


Figura 4-1 - Formas de classificação das pesquisas científicas.

Fonte: Baseado em Bertrand e Fransoo (2002) e Silva e Menezes (2005)

Especificamente para se atingir os três objetivos propostos, utilizou-se uma pesquisa científica com a seguinte classificação:

- Quanto à natureza: a pesquisa foi aplicada, pois, segundo Silva e Menezes (2005), ela teve como objetivo “gerar conhecimentos para a aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos”. Os objetivos foram encontrar soluções para os problemas propostos a fim de que todos os membros da cadeia produtiva do café possam aplicar essas soluções na tomada de decisões gerenciais ligadas ao planejamento da capacidade de produção.
- Quanto aos objetivos: a pesquisa foi de caráter normativo. Nela, o foco se volta para o processo de solução do modelo científico, desenvolvendo, assim, políticas, estratégias e ações. Esse tipo de pesquisa foi conduzido, nesse trabalho, para todos os métodos de séries temporais tomados individualmente, e também para se desenvolver a combinação entre esses métodos que apresentaram melhor desempenho.
- Quanto à forma de abordar o problema: a abordagem foi quantitativa, ou seja, buscou-se traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las utilizando-se de recursos estatísticos.
- Quanto aos procedimentos técnicos: a pesquisa realizada foi experimental e também uma modelagem e simulação. Experimental, pois se determinou o objeto de estudo, selecionou-se a variável capaz de influenciá-lo e se definiu as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produziu no objeto (SILVA e MENEZES, 2005). Modelagem e Simulação porque, segundo Bertrand e Fransoo (2002), os resultados da pesquisa não são obtidos somente utilizando-se de análise matemática. São obtidas também com o uso de simulação por computador, que é utilizada no caso do modelo ou problema ser tão complexo que seria difícil resolver apenas com a análise matemática. Geralmente esse tipo de pesquisa gera resultados de qualidade científica mais baixa, mas, por outro lado, é utilizada para solucionar problemas de alta relevância científica segundo os mesmos autores.

4.2 Modelos de pesquisa utilizados

A Figura 4-2 representa um dos modelos de pesquisa quantitativa que foi seguido em parte neste trabalho.

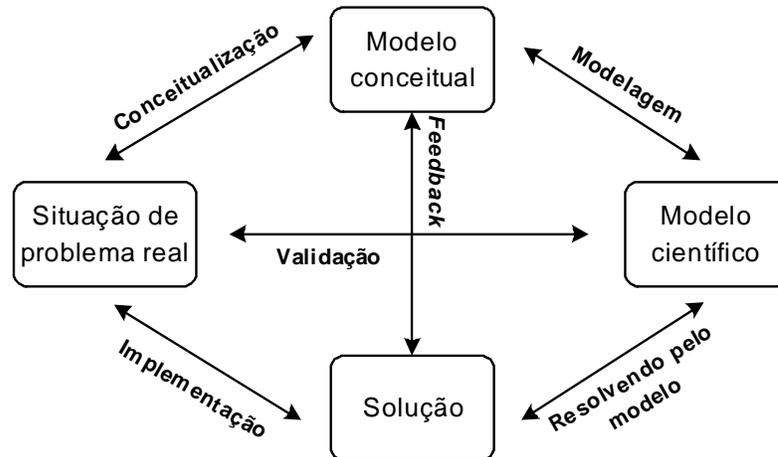


Figura 4-2 - Modelo de pesquisa quantitativa.

Fonte: Mitroff *et al.* (1974)

Mitroff *et al.* (1974), construiu modelo metodológico no qual estão presentes as fases de construção do modelo conceitual, modelagem ou transformação desse modelo conceitual em modelo científico, solução ou teste do modelo construído e sua implementação.

Para ele, na fase conceitual, utilizando-se de referencial teórico e de relações lógicas, o pesquisador toma decisões a respeito de quais variáveis devem ser incluídas no modelo, ou seja, as que realmente contribuem para a solução do problema (elabora-se o modelo conceitual).

Logo após, o pesquisador, utilizando-se de um processo de modelagem, constrói um modelo científico, ou seja, um modelo quantitativo no qual são definidos os relacionamentos causais entre variáveis.

Na fase de solução e validação do modelo, a matemática, segundo o mesmo autor, possui um papel importante. Nessa fase, além de tentar resolver o problema, checka-se se as soluções apresentadas pelo modelo científico são compatíveis com as que são observadas no mundo real. Segundo Sargent (2004), uma das técnicas de validação dos métodos utilizados neste trabalho pode ser chamada de “validação preditiva”. Esta técnica compara os resultados previstos, apresentados pelo modelo, com o comportamento que o sistema apresenta no mundo real, ou seja, compara o Desvio Médio Absoluto (MAD) dos métodos utilizados.

Na última fase – de implementação – os resultados do modelo são implementados e utilizados para se solucionar os problemas do mundo real. A técnica utilizada para acompanhamento e decisão se o modelo escolhido continua ou não a ser utilizado, segundo Sargent (2004), consiste na comparação dos dados previstos com os dados disponibilizados no mundo real, e recebe o nome de “validação dos dados históricos”.

Mitroff *et al.* (1974) argumenta ainda que o ciclo de pesquisa descrito acima pode recomeçar de quaisquer de suas fases, o que demonstra que o pesquisador é parte importante em cada uma das fases do processo.

Neste trabalho, utilizou-se também o método de previsão apresentado por DeLurgio (1998), mostrado na Figura 4-3. Esse método possui algumas etapas a mais do que o método apresentado por Mitroff *et al.* (1974). Mas um não invalida o outro, ou seja, eles se complementam no intuito de nortear os passos da pesquisa realizada nesse trabalho.

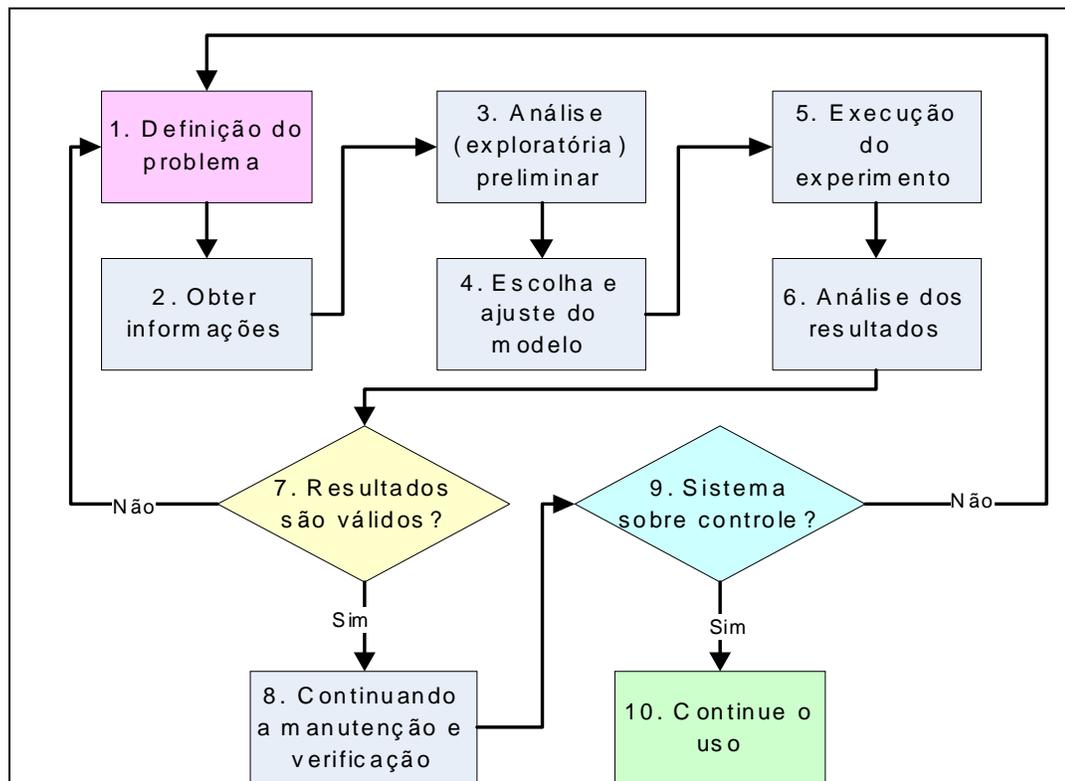


Figura 4-3 - Método científico de previsão.

Fonte: DeLurgio (1998)

As etapas apresentadas por este método são:

- Passo 1: Definição do problema – surge da necessidade de resolver um problema, explicar algum fenômeno, ou planejar e ou prever um evento futuro.
- Passo 2: Coletar informações – obtenção de informações sobre o comportamento de um sistema em que o problema ou fenômeno se encontra.
- Passo 3: Formulação de hipóteses/teoria ou modelo – com base nas informações e observações coletadas no passo anterior, formulam-se as hipóteses ou um modelo

teórico para descrever os fatos importantes que influenciam o problema ou fenômeno.

- Passo 4: Escolha e ajuste do modelo – com auxílio de ferramentas estatísticas e matemáticas, desenvolvem-se experimentos para testar as hipóteses e as teorias. Neste passo, deve-se analisar dois grupos de dados: a amostra de entrada no modelo (usado para validar o modelo em uma previsão simulada no ambiente); e a amostra de saída (para julgar a eficiência do modelo ou teoria, verificando se os dados existentes são suficientes).
- Passo 5: Execução do experimento – após os ajustes dos dados, o experimento deve ser desenvolvido e executado.
- Passo 6: Análise dos resultados – os resultados do experimento devem ser analisados de forma a aceitar ou a rejeitar as hipóteses ou o modelo.
- Passo 7: Validação – verificação se os resultados apresentados no Passo 6 são válidos. Se forem, deve-se manter o modelo. Se não, deve-se voltar ao Passo 1.
- Passo 8: Continuação da manutenção e verificação – consiste em garantir que o modelo ou teoria seja válido e aplicável. Mesmo após o modelo ter sido validado, algumas interações podem ser convergidas para se obter um modelo melhor.
- Passo 9: Sistema sobre controle – se, mesmo após manutenção e a verificação do modelo, ele tiver problema, deve-se voltar ao Passo 1 para checar sua consistência.
- Passo 10: Continuar o uso – caso o modelo não apresente problemas, o seu uso deve ser continuado.

4.3 Coleta e tratamento dos dados

A série histórica, contendo os dados da evolução anual do consumo de café, foi coletada na *Coffee International Organization* (OIC-2006). Verificou-se, numa primeira etapa se os dados deveriam ser transformados matematicamente ou diferenciados. Os *softwares* utilizados para desenvolver esse trabalho foram o *Microsoft Excel* e *Minitab* versões 13 e 14.

4.4 Etapas da pesquisa

Conforme apresentado na Figura 4-4, além da coleta e tratamento dos dados, o presente trabalho foi dividido em seis partes:

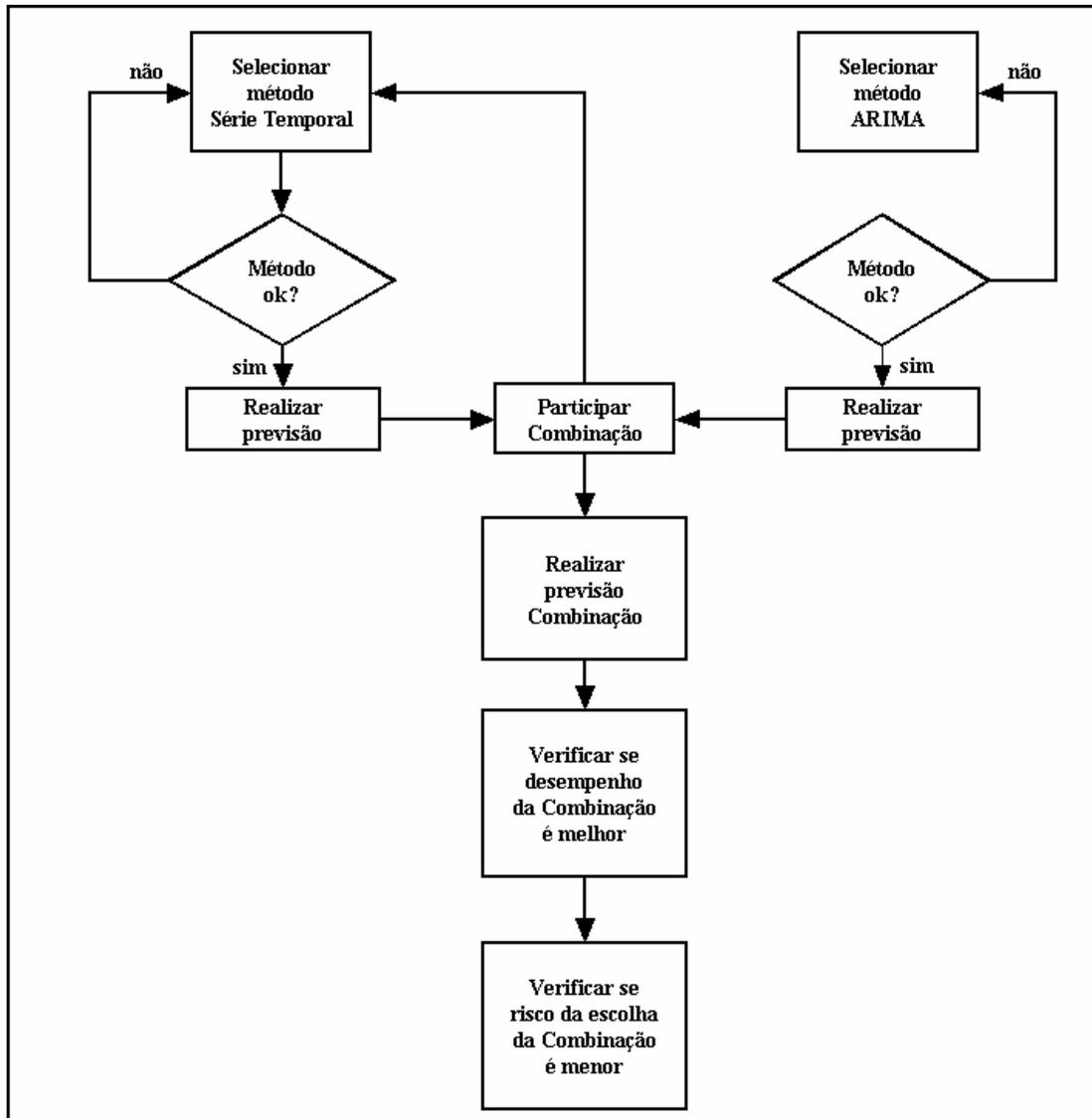


Figura 4-4 - Etapas percorridas no trabalho.

Fonte: elaborado pelo próprio autor

1. Escolha dos métodos de séries temporais com exceção do método ARIMA, que apresentaram os melhores desempenhos (MADs) e/ou melhores resultados estatísticos.
2. Escolha do método ARIMA que apresentou o melhor desempenho combinado com o melhor resultado nos testes estatísticos.
3. Cálculo de uma média simples, cujos componentes são os valores previstos pelos melhores métodos selecionados acima (melhores métodos de séries temporais exceto o ARIMA e melhor método ARIMA), o que deu origem ao método Combinação (COMB).

4. Verificação se o método COMB apresentava melhor desempenho (menor MAD) que os melhores métodos individuais selecionados.
5. Verificação se a escolha do método COMB representava um menor risco (menor desvio-padrão de seus erros) para se realizar a previsão do que se fosse escolhido um dos métodos individuais selecionados.
6. Realização da previsão da demanda de café moído, torrado e solúvel no mercado interno brasileiro, utilizando o método que apresentou o melhor desempenho (menor MAD), incluindo-se aí a possibilidade de escolha do método COMB para tal.

Cada uma dessas etapas pode ser analisada, em relação ao processo de modelagem de pesquisa quantitativa, na Figura 4-2 e também na Figura 4-3.

A Figura 4-5 descreve os passos seguidos na primeira etapa da pesquisa. Para se realizar a previsão com os diversos métodos individuais, o processo de pesquisa quantitativa se iniciou verificando a necessidade de se fazer uma transformação dos dados coletados.

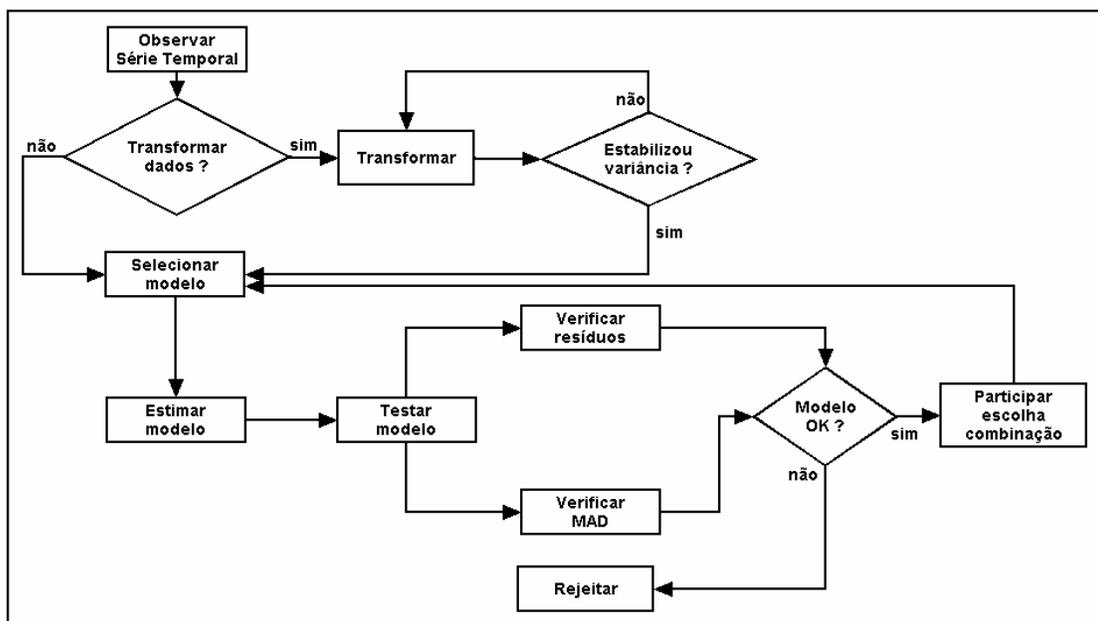


Figura 4-5 - Processo de escolha e validação dos métodos de Séries Temporais com exceção do ARIMA.

Fonte: elaborado pelo próprio autor

Logo após, tomando-se modelos de séries temporais que se encontravam disponíveis na literatura, realizou-se a previsão com cada um deles. Realizada a previsão, já na fase de validação, verificou-se o MAD, a aleatoriedade dos resíduos e o ajuste de cada um desses

modelos. Selecionaram-se aqueles que apresentaram os melhores resultados para fazer a previsão da demanda individualmente. Esses modelos participaram, também, da construção da Combinação (COMB).

Na segunda fase, seguiu-se processo disponibilizado na literatura para se escolher o modelo de série temporal ARIMA mais apropriado. O processo seguido pode ser visualizado através da Figura 3-3. Partiu-se da verificação da necessidade de transformação dos dados para se estabilizar a variância. Levou-se em consideração, para a escolha do método, o MAD e os resultados estatísticos apresentados por cada um deles e suas respectivas ordens (validação).

O modelo ARIMA selecionado, assim como os demais métodos escolhidos na primeira fase, foi utilizado para prever, individualmente, a demanda de café e, da mesma forma, participar da construção da Combinação (COMB). Nessa fase, portanto, partiu-se também de um modelo científico já disponível que foi ajustado para se realizar a pesquisa.

Na terceira fase, elaborou-se a Combinação (COMB), como sendo a média aritmética simples dos valores previstos por cada método individual escolhido nas fases 1 e 2. Portanto, o processo se iniciou no desenvolvimento da modelagem científica da COMB e seguiu até a etapa de solução desse método.

Nas três etapas que se seguem, partiu-se para atingir cada um dos objetivos da pesquisa.

Na quarta fase, comparou-se o MAD apresentado pela Combinação com o apresentado pelos outros métodos de séries temporais selecionados, com o intuito de verificar se a combinação apresentava melhor desempenho (menor MAD) do que eles.

Na quinta fase, comparou-se o desvio-padrão (DesvPad) dos erros da COMB com os dos demais métodos de séries temporais escolhidos, tendo como objetivo verificar se a COMB apresentava um menor desvio e, portanto, um menor risco se fosse escolhido individualmente para se realizar a previsão.

E, por último, na sexta fase, considerando-se todos os métodos selecionados individualmente e o método COMB, escolheu-se para se prever a demanda interna de café aquele método que apresentou melhor desempenho ou menor MAD.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo está dividido em quatro partes. A primeira cuida da coleta e tratamento dos dados. A segunda, dos resultados da previsão apresentados por cada método de previsão com exceção do ARIMA e do processo de seleção para se definir quais fariam parte da combinação. A terceira, da seleção e dos resultados apresentados pelo método ARIMA que apresentou melhor desempenho. E, finalmente, a quarta e última parte trata dos resultados apresentados pela combinação dos métodos selecionados, além da definição do método a ser utilizado para se prever a demanda de café no mercado interno.

5.1 Coleta e tratamento dos dados

Os dados de consumo anual de café no Brasil de 1975 a 2004 estão presentes no Quadro 5-1 e Figura 5-1.

Quadro 5-1 - Série de dados do consumo de café no Brasil.

ANO	CONSUMO*	ANO	CONSUMO*	ANO	CONSUMO*
1975	6.795.000	1985	7.000.000	1995	10.100.000
1976	6.661.000	1986	7.000.000	1996	11.000.000
1977	7.036.000	1987	7.000.000	1997	11.500.000
1978	6.600.000	1988	8.000.000	1998	12.200.000
1979	6.600.000	1989	8.200.000	1999	12.700.000
1980	7.800.000	1990	8.200.000	2000	13.289.000
1981	7.500.000	1991	8.500.000	2001	13.490.000
1982	7.624.000	1992	8.900.000	2002	13.750.000
1983	7.800.000	1993	9.100.000	2003	14.200.000
1984	7.000.000	1994	9.300.000	2004	15.490.000
*Consumo em sacas de 60 kg.					

Fonte: OIC (2006)

Segundo Morettin e Toloi (1987), o primeiro passo ao se analisar uma série temporal é a construção de seu gráfico (*Time Series-Plot* do consumo de café em relação ao tempo) para se visualizar características como tendência, sazonalidade, variabilidade, “*outliers*” etc.

A série de dados do consumo de café, representada pelo Quadro 5-1 e Figura 5-1, será denominada nesse trabalho como série original Y_T .

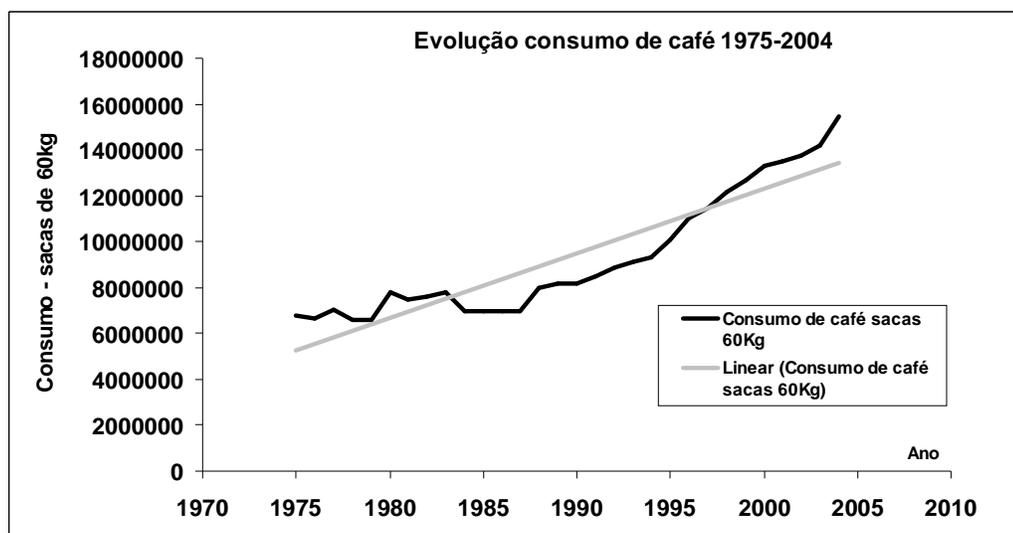


Figura 5-1 - Evolução do consumo de café (em milhões de sacas), de 1975 a 2004.

Fonte: OIC (2006)

Para Davis *et al.* (2001), a observação da linha de tendência é o ponto de partida para o desenvolvimento de uma previsão. Conforme pode ser visto na Figura 5-1, observando-se a linha de tendência (linha reta em cinza), que demonstra a evolução do consumo de café de 1975 a 2004, pode-se notar que existe uma forte tendência de crescimento do consumo de café a partir do final da década de 80.

Em relação à presença de sazonalidade, Morettin e Toloi (1987) afirmam que “a componente sazonal aparece quando as observações são intra-anuais, isto é, registradas mensalmente, trimestralmente ou semanalmente, por exemplo”. Como os dados são anuais, portanto, não existe influência sazonal nessa série.

Os dados não foram transformados matematicamente, pois segundo Makridakis *et al.* (1998), tal procedimento só seria justificável se os dados demonstrassem forte tendência conjugada a um forte padrão sazonal cuja variação aumentasse com o tempo. Conforme se pode observar na Figura 5-1, existe uma forte tendência ascendente, mas nenhum padrão sazonal cuja variabilidade cresça com o passar do tempo em conjunto com essa tendência. Outros motivos para não se transformar os dados foram apresentados por Nelson (1976) e Makridakis e Hibon (1979) apud Morettin e Toloi (1987), para os quais as transformações não melhoram a qualidade da previsão. Para Granger e Newbold (1976) apud Morettin e Toloi (1987), as previsões dos antilogarítimos dos dados transformados são estimadores viciados que introduzem um erro na previsão. Portanto, para todos os métodos de previsão utilizados nesse trabalho, os dados não foram transformados matematicamente.

Em relação à necessidade de se diferenciar a série original (Y_T) para o uso específico na aplicação da metodologia Box-Jenkins (ARIMA), como passo inicial deve-se verificar se ela é estacionária. Pindyck e Rubinfeld (2004) afirmam que se a série for estacionária, para qualquer valor observado, sua média, variância e covariância das observações têm de se desenvolver no tempo ao redor de uma média constante. A série de dados de consumo de café (Y_T), representada pela Figura 5-1, conforme se pode notar, apresenta uma forte tendência ascendente, o que demonstra que ela não é estacionária em sua média. O Apêndice A mostra a série de dados após a primeira diferenciação (Z_T), e a série após se realizar uma segunda diferenciação (W_T). A série apresentada pela primeira diferenciação (Z_T) necessitou ser diferenciada uma segunda vez, pois, conforme Morettin e Tolo (1987), “séries que oscilam numa direção por algum tempo e depois mudam para outra direção temporária devem ser diferenciadas uma segunda vez”.

Observando-se a Figura 5-2, a série Z_T parece tomar tendência ascendente a partir da vigésima observação, o que pode estar demonstrando ser necessário uma segunda diferenciação da série Y_T . Após essa segunda diferenciação, a série adquiriu características de estacionaridade conforme pode ser visto na Figura 5-3.

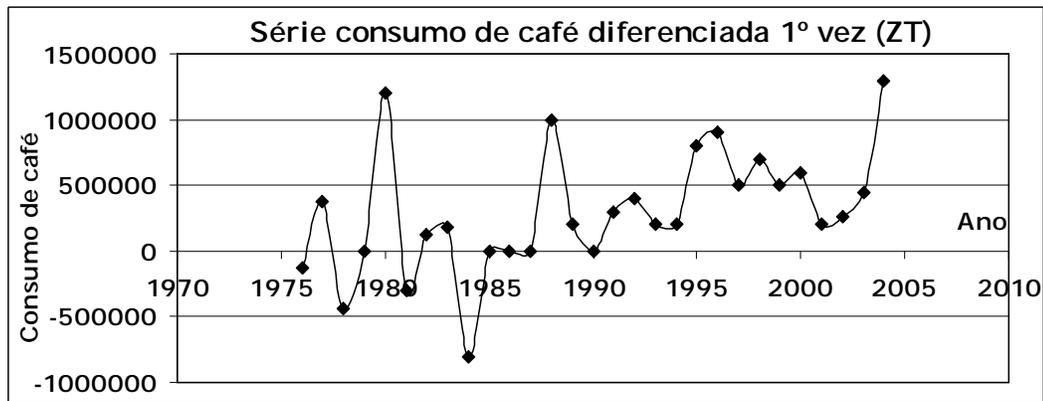


Figura 5-2 - Time-Séries Plot da série do consumo de café diferenciada uma vez.

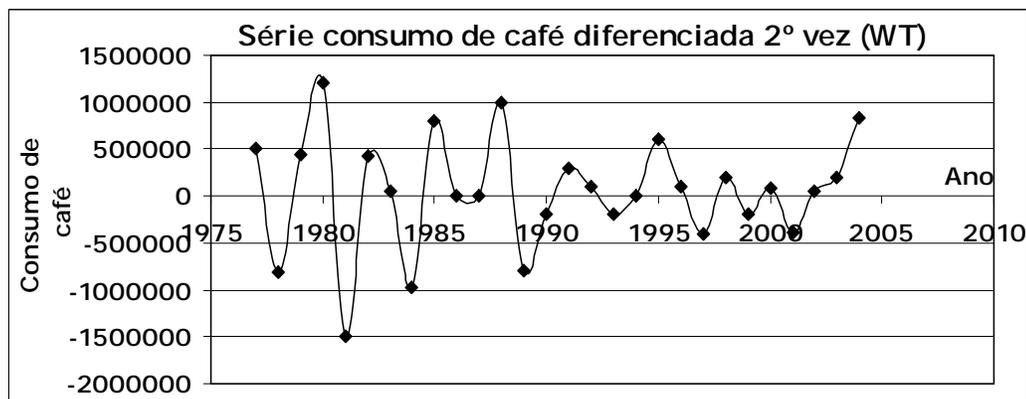


Figura 5-3 - Time-Série Plot da série do consumo de café diferenciada duas vezes.

Como segundo teste para se verificar a estacionaridade, a Figura 5-4, Figura 5-5 e Figura 5-6 mostram as funções de autocorrelação (ACFs) da série original (Y_T), da série diferenciada uma vez (Z_T) e diferenciada uma segunda vez (W_T).

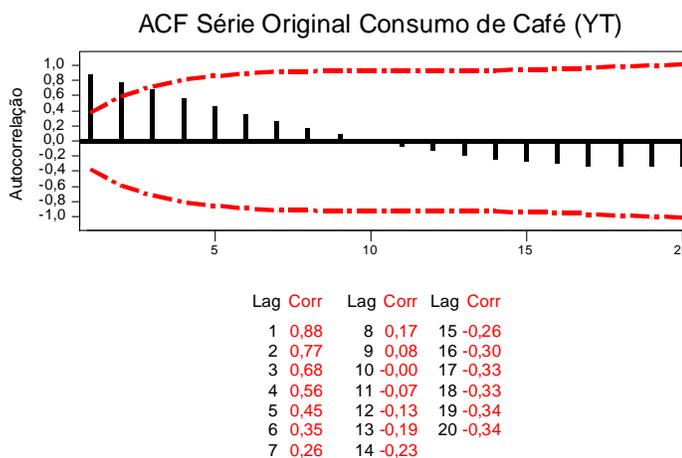


Figura 5-4 - Função Auto-Correlação série consumo de café (Y_T).

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), considera-se a série estacionária se sua função de autocorrelação (ACF) declina à medida que o número de defasagens (*lags*) aumenta. O ideal, para esses autores, seria que a série tomasse a forma de um “ruído branco”, ou seja, que toda função amostral (Corr) se aproximasse de zero para todos os *lags* maiores que zero. Para se testar se cada (Corr) pode ser considerada estatisticamente igual a zero, utilizou-se o teste de Bartlett. Para as séries Y_T , Z_T e W_T , respectivamente, o teste mostrou que cada função (Corr) pode ser considerada estatisticamente igual a zero se elas assumirem um valor absoluto menor que 0,3651, 0,3714 e 0,3779, respectivamente. Conforme pode ser visto na Figura 5-4, a

função de autocorrelação (ACF) da série original Y_T teve autocorrelações (Corr) que foram declinando até o lag 10, onde a (Corr) assumiu o valor zero, mas, depois, ela começou a subir novamente em termos absolutos, o que demonstrou que ela não é estacionária.

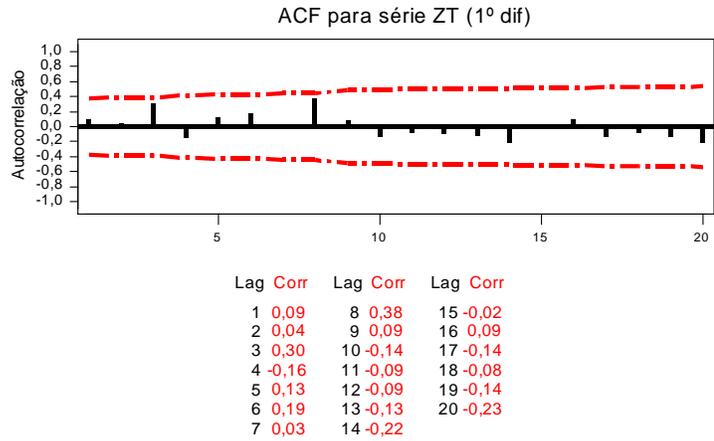


Figura 5-5 - Função de autocorrelação (ACF) para série (Z_T).

A série Z_T , representada pela Figura 5-5, mostrou-se, considerando esse teste, ser estacionária desde o lag inicial zero, pois todas as autocorrelações (Corr) foram estatisticamente iguais a zero ($Corr < 0,3714$) desde esse ponto.

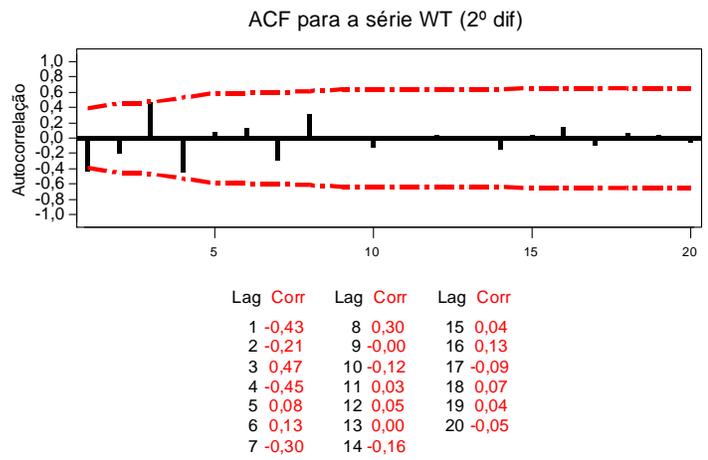


Figura 5-6 - Função de autocorrelação (ACF) para série (W_T).

A série W_T , representada pela Figura 5-6, pôde também ser considerada estacionária, pois à medida que os lags foram aumentando, as autocorrelações amostrais foram declinando. As correlações passaram a ser estatisticamente iguais a zero a partir do lag 4 ($Corr = -0,45$).

Como um terceiro teste, decidiu-se verificar, através da estatística Q de Box e Pierce, a hipótese conjunta de que todos os coeficientes de correlação são zero. A Tabela 5-1 mostra os valores do teste, considerando-se o número de defasagens (*lags*) igual a 20 e o número de observações (n) para as séries Y_T , Z_T e W_T , respectivamente, iguais a 30, 29 e 28.

Tabela 5-1 - Teste de Box e Pierce para hipótese conjunta coeficientes correlação.

	Séries		
	YT	ZT	WT
$\sum corr^2$	3,2886	0,5398	0,9347
n	30	29	28
Q	98,658	15,6542	26,1716
Q tabelado	28,41	28,41	28,41
Resultado	Rejeita	Aceita	Aceita

Pode-se observar que, com nível de significância de 10%, o valor de Q calculado para série Y_T (98,65) foi maior que o valor Q obtido na Tabela 5-1 (28,41), o que causou a rejeição da hipótese de que a série Y_T seria estacionária. Para as séries Z_T e W_T , os valores de Q (15,6542 e 26,1716) foram menores que o valor de Q tabelado (28,41), aceitando-se a hipótese de que essas séries temporais foram geradas por um processo ruído branco e são estacionárias.

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), “em trabalhos aplicados muitas vezes não fica claro quantas vezes uma série não-estacionária deve ser diferenciada, para resultar em uma série estacionária. Sendo, portanto, preciso tomar uma decisão com base na experiência ou na intuição”. Como, em função do primeiro teste, a série Z_T , diferenciada uma única vez, pareceu retomar uma tendência ascendente a partir vigésima observação, o que não ocorreu com a série W_T , diferenciada uma segunda vez, decidiu-se optar por essa última para se desenvolver a previsão usando um método Box-Jenkins (ARIMA). Para os demais métodos de previsão, entretanto, foi utilizada a série original Y_T , pois não se encontrou na literatura pesquisada nenhuma exigência dos dados serem estacionários para se realizar a previsão.

5.2 Métodos de séries temporais com exceção do ARIMA

Utilizando-se o *Minitab*, foram testados e comparados os resultados apresentados por vários métodos de previsão. Decidiu-se testar cada método, mesmo eles não tendo sido recomendados para o uso em função da estrutura dos dados representada pela série Y_T . Os prós e os contras de cada método foram descritos no Capítulo 3. Dessa forma, ao se testar os métodos, pôde-se verificar se as recomendações descritas na teoria eram válidas ao confrontá-

las com os resultados práticos. Os métodos utilizados e os resultados dessa comparação são apresentados na Tabela 5-2.

Tabela 5-2 – Hierarquia dos métodos de previsão com exceção do método ARIMA.

MÉTODOS DE PREVISÃO	MAD (Mil/sacas)	Desv. Pad. Erros (Mil/sacas)	Aceitação / Rejeição Motivo
Dupla Suavização Exponencial (DSE)	302.025	444.669	Aceito
Modelo Holt Winters (HW)	344.099	483.585	Inexistência de sazonalidade
Análise de Tendência Quadrática (ATQ)	357.099	424.433	Aceito
Simple Suavização Exponencial (SSE)	410.238	472.467	Pobre diante de tendência
Média Móvel (MM)	415.000	466.351	Pobre diante de tendência
Análise de Tendência Exponencial (ATE)	743.792	840.121	Linha de tendência não se ajustou
Análise de Tendência Linear (ATL)	934.885	1.057.753	Linha de tendência não se ajustou
Decomposição Multiplicativa (DM)	934.956	1.057.500	Inexistência de sazonalidade
Decomposição Aditiva (DA)	935.426	1.057.500	Inexistência de sazonalidade
Análise de Tendência Logística (ATLOG)	959.885	1.809.920	Linha de tendência não se ajustou

A comparação entre o desempenho desses vários métodos foi realizada através do Erro Médio Absoluto (MAD) apresentado por cada um deles e pela verificação de que seus resíduos se apresentavam distribuídos aleatoriamente.

Segundo Moreira (2001), 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, segundo o mesmo autor, pode ser usado como critério para se fazer escolhas entre métodos. Quanto à necessidade de se analisar os resíduos, Levine *et al.* (1997) comentam que, além de se utilizar o MAD como medida de precisão, deve-se, uma vez que o modelo tenha sido ajustado a uma série temporal, fazer o gráfico dos resíduos (diferença entre os dados observados e os dados ajustados) ao longo dos n períodos de tempo. Esse gráfico mostra, segundo os mesmos autores, que “se o modelo em questão se ajustar adequadamente, os resíduos representam o componente irregular da série temporal, e deveriam portanto ser distribuídos aleatoriamente ao longo da série”. Se, entretanto, o modelo não se ajustar adequadamente, os resíduos podem demonstrar um padrão sistemático ou não aleatório, o que pode significar que se deixou de levar em conta a existência de algum componente, como, por exemplo, tendência, variação cíclica, ou mesmo variações sazonais. O modelo escolhido, se tal fato ocorresse, não seria, dessa maneira, o mais adequado para se realizar a previsão, devido a sua incapacidade de captar um componente ou alguns componentes descritos na série Y_T e modelá-lo corretamente.

5.2.1 Média Móvel (MM)

Segundo Moreira (2001), ao se utilizar esse tipo de modelo “a previsão para o período t , imediatamente futuro, é obtida tomando-se a média aritmética dos n valores reais da demanda imediatamente passados”. Para se prever a demanda interna de café foram testados vários valores de n , ou seja, de números de períodos de dados que foram incluídos na média, sendo que o valor encontrado que fez com que a previsão fornecesse o menor MAD (415.000 sacas de café) foi $n = 1$.

Morettin e Toloi (1987) afirmam que se n é igual a 1, significa que o valor mais recente da série é utilizado como previsão para todos os valores futuros (método ingênuo de previsão).

Apesar do método de MM ter apresentado um MAD de 415.000 sacas de café, valor não muito distante dos apresentados pelo método DSE (302.025), ATQ (357.099) e ARIMA (2, 2, 5) (265.387), ele não foi escolhido para participar da combinação. O motivo principal é que, conforme Moreira (2001), o MM pode ser um método eficiente quando a demanda é estacionária, ou seja, quando ela varia em torno de um valor médio, o que, entretanto, ao se observar a Figura 5-1, não ocorre. Dessa forma, para demandas crescentes ou decrescentes ao longo do tempo, a tendência é que a previsão fornecida pela MM esteja sempre em atraso em relação aos valores reais. Assim, se a demanda é crescente, como é o caso, as previsões fornecerão valores cada vez menores em relação aos valores reais.

5.2.2 Simples Suavização Exponencial (SSE)

Segundo Makridakis *et al.* (1998), a principal característica desse método é que ele utiliza pesos exponenciais decrescentes no sentido das observações mais recentes em direção às observações mais antigas. O SSE, portanto, nada mais é do que um caso especial de MM, com os pesos decrescendo exponencialmente da demanda mais recente para as mais antigas. Nesse método existe um parâmetro de suavização ou “*smoothing*” (alfa) a ser determinado, e essa escolha definirá, por sua vez, o peso a ser dado a cada observação nessa média. O *Minitab* encontrou um valor de alfa (α) de 1,565 como sendo o valor ótimo desse parâmetro. Entretanto, esse método, apesar de ter apresentado um MAD de 410.238 sacas de café, da mesma forma que o MM, não foi escolhido para participar da previsão. O motivo também é o mesmo que levou a rejeição do MM, pois segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), o SSE só deve ser utilizado na ausência do componente de tendência, pois se a série tem uma tendência

para cima, esse modelo tenderá a subestimar os valores previstos; se a série tem tendência para baixo, tenderá a superestimar esse valor.

5.2.3 Dupla Suavização Exponencial (DSE)

Diferentemente dos métodos MM e SSE, o método DSE é apropriado para ser usado na presença do componente de tendência. Por esse motivo, além da constante α (constante de suavização para a média ou nível), presente no método SSE, é utilizada no DSE uma constante δ (delta) de suavização para a tendência da série (GAITHER e FRAZIER, 2001). O *Minitab* disponibilizou como *valores ótimos*, ou seja, valores que minimizam o MAD, de α e δ , respectivamente, 0,906 e 0,181. As equações utilizadas por esse método para se prever os valores da demanda interna de café ($Y_{t(DSE)}$) foram as seguintes:

$$Y_{(t)} = Y_{t-1(DSE)} + \alpha(R_{t-1} + Y_{t-1(DSE)}), \quad (5.1)$$

$$T_{(t)} = T_{t-1} + \alpha\delta(R_{t-1} - Y_{t-1(DSE)}), \quad (5.2)$$

$$Y_{t(DSE)} = Y_{(t)} + T_{(t)}, \quad (5.3)$$

sendo que:

- Equação 5.1: previsão exponencialmente ajustada para o período t .
- Equação 5.2: ajustamento de tendência no período t .
- Equação 5.3: previsão com ajuste exponencial e com ajuste de tendência no período t .
- R_{t-1} : demanda real do período anterior.
- α : constante alfa de ajuste da média ponderada exponencial.
- δ : constante delta de ajuste de tendência.

Inserindo o valor de α (0,906) na Equação 5.1, encontra-se a Equação 5.4 exponencialmente ajustada para o período t :

$$Y_t = Y_{t-1(DSE)} + 0,906(R_{t-1} - Y_{t-1(DSE)}). \quad (5.4)$$

Substituindo o valor de α (0,906) e δ (0,1981) na Equação 5.2, tem-se a Equação 5.5 para o cálculo do ajuste da tendência:

$$T_{(t)} = T_{t-1} + 0,164(R_{t-1} - Y_{t-1(DSE)}). \quad (5.5)$$

Finalmente, substituindo-se a Equação 5.4 e 5.5 na Equação 5.3, obtém-se a Equação 5.6, que é utilizada para prever a demanda interna de café utilizando-se do método DSE:

$$Y_{t(DSE)} = -0,07Y_{t-1(DSE)} + T_{t-1} + 1,07R_{t-1}. \quad (5.6)$$

O ajuste do modelo é mostrado na Figura 5-7.

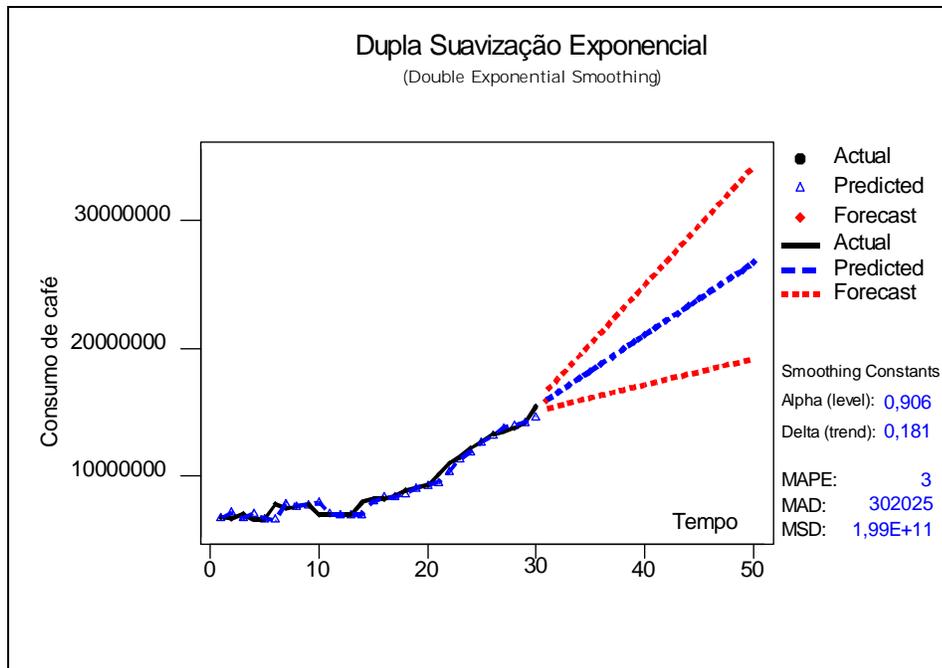


Figura 5-7 - Ajuste do método DSE.

Esse método apresentou um MAD de 302.025 sacas de café, conforme Tabela 5-2, sendo, portanto, o que apresentou o menor MAD, ou melhor desempenho se comparado aos outros métodos de séries temporais testados, com exceção do método ARIMA.

Na Tabela 5-7, a linha em preto mostra a série Y_T de dados do consumo de café do ano de 1975 ($t = 1$) a 2004 ($t = 30$). A linha em azul mostra o ajuste do modelo, ou seja, os valores que teriam sido previstos nesses mesmos anos por ele. A partir do ano 2005 ($t = 31$), a linha azul mostra a previsão (projeção) do consumo de café para os anos de 2005 até o ano 2024 ($t = 50$). As linhas em vermelho representam o intervalo de confiança da previsão, ou seja, um intervalo de valores tais que o valor do consumo tenha uma probabilidade de 95% de cair entre ele. Segundo Moreira (2001), um intervalo de confiança é dado por $\hat{Y} \pm zS_y$, onde z é o número de desvios padrão que corresponde a uma dada área sob a curva normal. Para o intervalo de confiança de 95%, z assume o valor de 1,96.

Além desse fato, os resíduos se mostraram distribuídos de forma aleatória, conforme pode ser visto na Figura 5-8, o que demonstrou ser o DSE um modelo bem ajustado, indicando que não se deixou de levar em consideração nenhum componente que poderia estar presente na série. Em razão de ter apresentado o menor MAD, além de resíduos distribuídos aleatoriamente, o DSE foi escolhido para fazer parte da combinação de métodos.

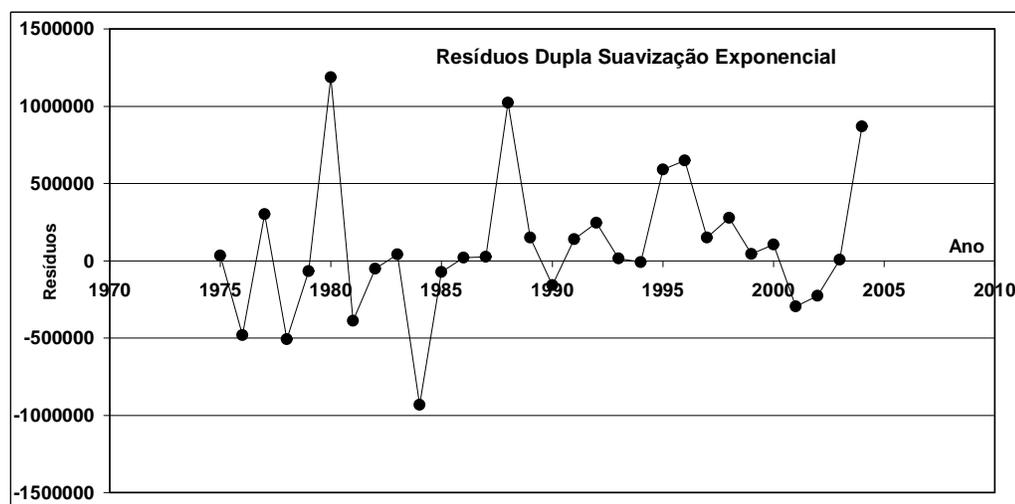


Figura 5-8 - Distribuição aleatória dos resíduos do modelo DSE.

5.2.4 Holt Winters (HW)

Segundo Newbold (1994), o HW é uma extensão do método DSE, com a diferença de considerar, além da suavização do nível e da tendência, a suavização da sazonalidade para realizar-se a previsão. Como a série do consumo interno de café (Y_T), representada no Quadro 5-1, possui observações registradas anualmente, pode-se afirmar que não existe componente sazonal nos dados e, portanto, o modelo HW não seria apropriado para se realizar a previsão. Dessa forma, mesmo apresentando um MAD de 344.099 sacas de café, segundo Tabela 5-2, sendo o segundo menor MAD entre os métodos de séries temporais com exceção do ARIMA, o DSE foi rejeitado para participar da combinação.

5.2.5 Decomposição Multiplicativa (DM)

Para Makridakis *et al.* (1998), os métodos de decomposição servem para proporcionar, em um primeiro momento, o isolamento da tendência e do ciclo e, num segundo momento, o isolamento do componente sazonal da série. O método DM, segundo os mesmos autores, é apropriado ao uso quando a flutuação sazonal aumenta ou decresce proporcionalmente com

acréscimos ou decréscimos no nível da série. Como já foi verificado, não existe componente sazonal na série temporal do consumo de café (Y_T). Em função desse fato e, ainda por ter apresentado, conforme Tabela 5-2, um MAD de 934.956 sacas de café, um valor muito elevado, o DM foi rejeitado. O fato de ter apresentado um MAD muito elevado, ou seja, um valor médio absoluto de erros nos trinta anos simulados muito alto, por si mesmo já indica que esse método não é capaz de captar adequadamente o padrão dos dados da série Y_T e os componentes nela inseridos.

5.2.6 Decomposição Aditiva (DA)

Segundo Makridakis *et al.* (1998), este método, ao contrário do DM, é apropriado para ser utilizado quando a magnitude da flutuação sazonal não varia com o nível da série. Como não existe nenhuma componente sazonal na série e, por conseguinte, nenhuma flutuação sazonal, o DA foi rejeitado. Ele foi rejeitado também, assim como o DM, por ter apresentado, conforme Tabela 5-2, um MAD de 935.426 sacas de café, ou seja, um erro médio absoluto muito alto em comparação ao apresentado pelo DSE (302.025 sacas), o método até agora selecionados para tomar parte na combinação.

5.2.7 Análise de Tendência Linear (ATL)

O ATL é utilizado, conforme Pindyck e Rubinfeld (2004), quando se acredita que uma série Y_t aumentará em montantes absolutos e constantes em cada período de tempo, situação que faz com que se possa prever \hat{Y} ajustando uma linha de tendência através da utilização do Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) ou do Método de Ajustamento Exponencial Duplo. Ao se observar a Figura 5-9, nota-se que o consumo de café não cresce de maneira linear e constante ao longo do tempo (linha em preto). Verifica-se, assim, que a tendência linear (representado pela reta em vermelho) não se ajusta à forma dos dados que mostram o crescimento do consumo de café (série Y_T), o que torna esse modelo impróprio para realizar a previsão. Por esse motivo, o ATL, como pode ser observado na Tabela 5-2, apresentou MAD de 934.885 sacas, um valor bastante elevado em comparação com os métodos selecionados até agora, o que causou sua rejeição.

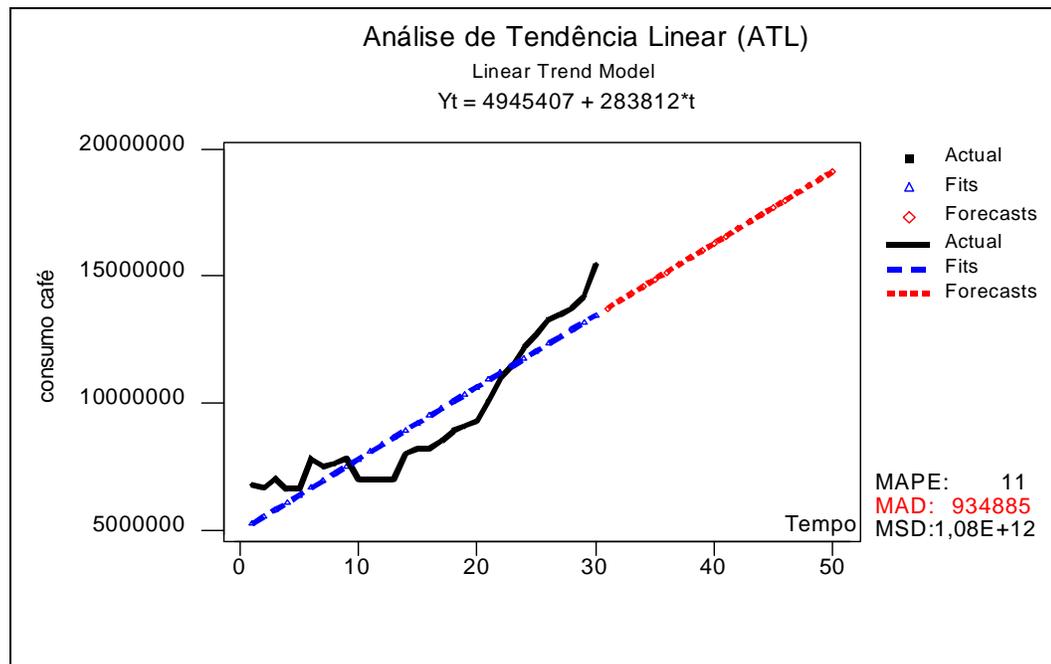


Figura 5-9 - Ajuste do ATL aos dados.

5.2.8 Análise de Tendência Quadrática (ATQ)

O ATQ utiliza o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) ordinários ou o ajuste exponencial triplo para estimar a equação de tendência quadrática, como apresentado na Equação 5.7:

$$\hat{Y}_{t(ATQ)} = a + bt + ct^2, \quad (5.7)$$

sendo:

- Equação 5.7: é a equação de previsão do modelo ATQ;
- t é o número do período associado ao ano.

O *Minitab* disponibilizou a Equação 5.8 para esse modelo. Ela é a equação de previsão da demanda interna de café utilizando-se o ATQ:

$$\hat{Y}_{t(ATQ)} = 7.299.720 - 157.621t + 14.239,8t^2. \quad (5.8)$$

O fato do parâmetro b na Equação 5.7 ser negativo e o parâmetro c ser positivo indica, segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), que $\hat{Y}_{t(ATQ)}$ diminuirá primeiro para mais tarde aumentar.

Observando-se a Figura 5-10, nota-se que a tendência quadrática se ajusta bem (linha azul) ao padrão de evolução dos dados (linha preta), o que torna o ATQ um bom método para se realizar a previsão. A prova é o seu MAD ter apresentado um valor de 357.099 sacas, conforme pode ser visto na Tabela 5-2, um valor bem próximo dos valores dos MADs dos métodos selecionados até agora. O ATQ foi o método que apresentou o segundo menor MAD dos métodos de séries temporais, com exceção do ARIMA, só ficando atrás do DSE que apresentou MAD de 302.025 sacas.

A linha vermelha, na Figura 5-10, indica a previsão para os anos de 2005 ($t = 31$) a 2024 ($t = 50$).

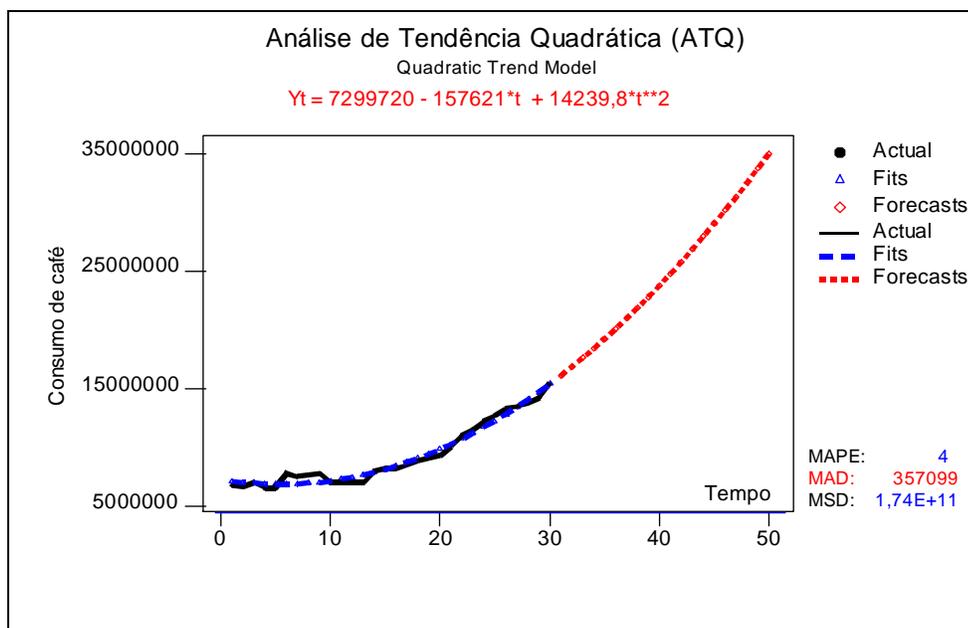


Figura 5-10 - Ajuste do ATQ aos dados.

Analisando-se os resíduos do método ATQ, apresentados na Figura 5-11, observa-se que os mesmos se apresentam distribuídos aleatoriamente, o que demonstra ser este modelo bem ajustado para se realizar a previsão da demanda de café.

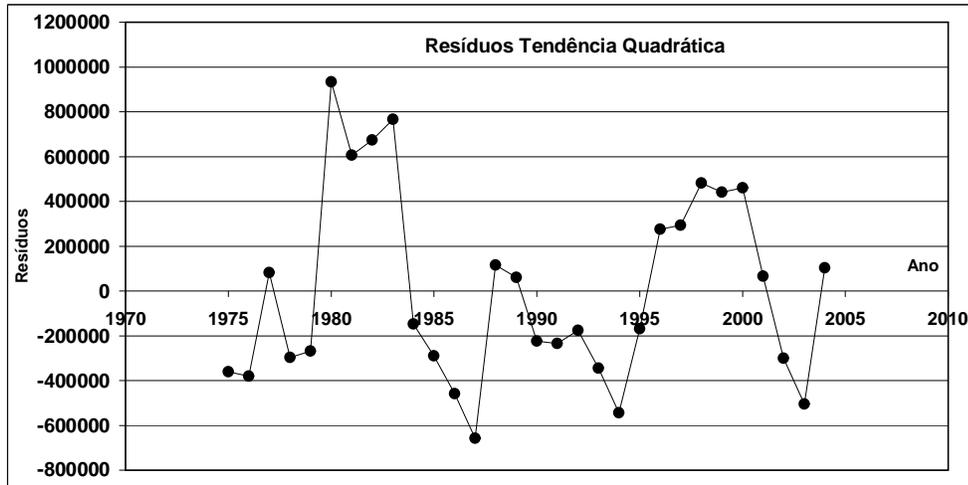


Figura 5-11 - Distribuição aleatória dos resíduos do método ATQ.

Pelos resultados apresentados pelo ATQ, ele foi escolhido para participar da Combinação (COMB), juntamente com o DSE.

5.2.9 Análise de Tendência Exponencial (ATE)

Segundo Levine *et al.* (1997), esse método é utilizado se “uma série parece estar crescendo a uma taxa tal que a diferença percentual de uma observação para outra seja constante”. Conforme pode ser visto na Figura 5-12, a forma exponencial não se ajustou bem ao padrão dos dados. Por esse motivo, o ATE apresentou um MAD de 743.792 sacas de café (ver Tabela 5.2), um valor muito elevado em comparação ao DSE e ao ATQ. Portanto, o ATE não foi selecionado para participar da combinação de métodos.

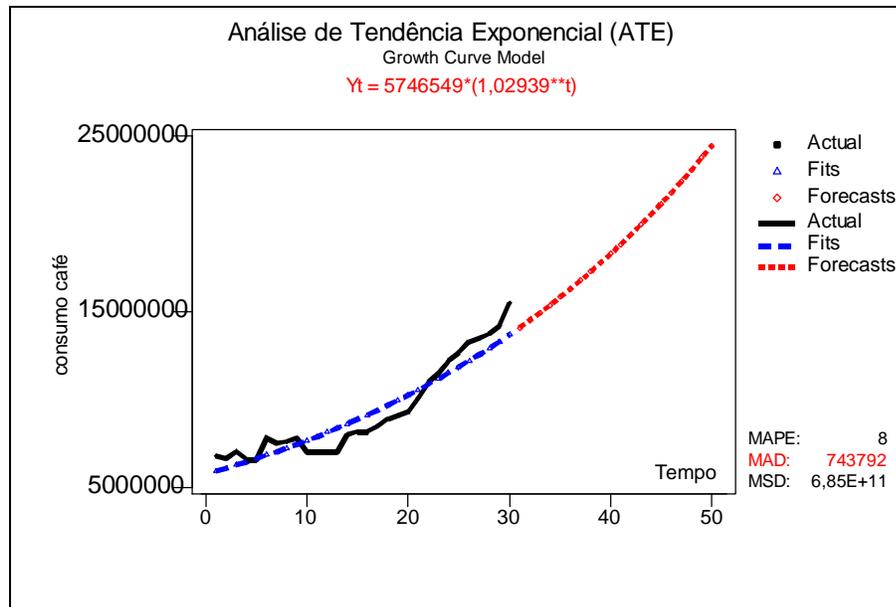


Figura 5-12 - Ajuste do ATE aos dados.

5.2.10 Análise de Tendência Logística (ATLOG)

Da mesma forma que o ATE, conforme pode ser observado na Figura 5-13, a forma logística também não se ajustou aos dados. De acordo com a Tabela 5-2, o MAD apresentado por esse modelo foi de 959.805 sacas de café, valor que fez esse método também ser rejeitado.

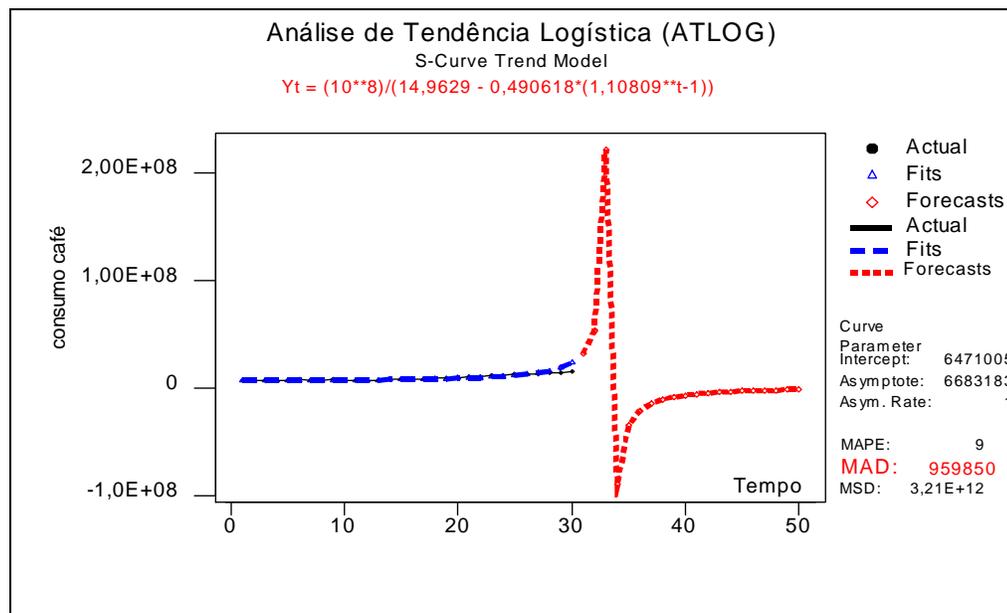


Figura 5-13 - Ajuste do ATLOG aos dados.

5.3 Método ARIMA

A construção do modelo ARIMA seguiu as seguintes fases sugeridas por Morettin e Tolo (1987) e Makridakis *et al.* (1998): a primeira fase, chamada de identificação de uma classe de modelos, consistiu em verificar se os dados necessitavam sofrer alguma transformação matemática para se estabilizar a variância. Em segundo lugar, tratou da necessidade ou não de se transformar os dados com o objetivo de tornar a série estacionária. Conforme se pode notar, essa fase já foi percorrida no item 5.2 deste capítulo, em que se decidiu não realizar nenhum tipo de transformação matemática nos dados, mas decidiu-se, porém, diferenciar a série original (Y_T) duas vezes para torná-la estacionária. O número de vezes em que a série original (Y_T) precisou ser diferenciada para se tornar estacionária definiu a ordem de integração, d , do modelo ARIMA (p, d, q). Portanto, d assumiu o valor de dois (2), pois a série Y_T precisou ser diferenciada duas vezes, dando origem a uma nova série estacionária, W_T . A partir desse ponto, passou-se a trabalhar com a série W_T e iniciou-se, em seguida, a fase de identificação dos filtros AR (auto-regressivos) e MA (médias móveis), ou seja, da ordem p e q do modelo. Nessa segunda fase – fase de identificação – passou-se a observar às características apresentadas por dois instrumentos: a função de autocorrelação (ACF), representada na Figura 5-6, e a função de autocorrelação parcial (PACF) da série W_T , representada na Figura 5-14. Esses dois instrumentos serviram para indicar o possível processo gerador da série (inicial), e, conseqüentemente, apresentar um modelo ARMA (p, q), trabalhando-se com a série W_T , ou seja, com os dados já diferenciados 2 vezes, ou ARIMA ($p, 2, q$), trabalhando-se com a série Y_T sem diferenciação. Ao se entrar com a ordem $d = 2$ no *Minitab*, automaticamente ele toma ou trabalha com a série Y_T , só que diferenciada 2 vezes.

Pindyck e Rubinfeld (2004) e Fava (2000) afirmam que para se identificar a ordem p é importante se observar o momento em que as autocorrelações parciais (valores de cada PAC na PACF) deixam de ser próximas de zero ou estatisticamente significativas. Calculou-se, dessa forma, através do teste de Barlett, o valor máximo que uma autocorrelação parcial (valores de PAC na Figura 5-14) pode assumir, ao nível de significância de 5%, para ser considerada estatisticamente igual a zero. Como a série W_T possui 28 observações ($n = 28$), cada PAC pode assumir, no máximo, o valor de $\pm 0,378 (\pm 2/\sqrt{n})$ para ser considerada não significativa ou estatisticamente igual a zero.

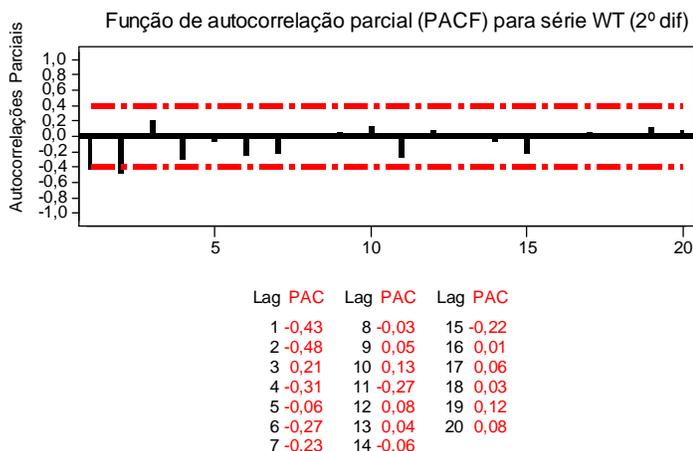


Figura 5-14 - Função de autocorrelação parcial (PACF) da série WT (2º dif.).

Conforme pode ser visto na Figura 5-14, os valores de cada PAC só passam a ser não significativos da defasagem (*lag*) 2 em diante. Portanto, a ordem p assumiu o valor dois (2) e definiu-se, assim, o filtro auto-regressivo (AR) do modelo ARMA (p, q), que agora passou a ser ARMA (2, q) se considerarmos a série W_T , ou ARIMA (2, 2, q), se considerarmos a série Y_T original. O valor de p igual a 2, portanto, acusa que o modelo inicial terá dois parâmetros auto-regressivos: AR 1 e AR 2.

Para se identificar a ordem q e se construir modelos de médias móveis, Pindyck e Rubinfeld (2004) afirmam que deve ser observada a função de autocorrelação ACF, representada na Figura 5-6, para se identificar o ponto no qual as autocorrelações amostrais (Corr) passam a ser todas estatisticamente consideradas iguais a zero. Através do teste de Barlett, conforme visto anteriormente, o valor máximo que uma autocorrelação (valores de Corr na Figura 5-6) pode assumir, ao nível de significância de 5%, para ser considerada estatisticamente igual a zero, é de 0,378. Se o processo é de ordem q , as autocorrelações amostrais (Corr) devem ser todas próximas de zero para defasagens (*lags*) superiores a q , ou seja, para o processo MA(q), essa função apresentará q valores diferentes de zero e será igual a zero para k (nº do *lag*) $> q$. No ponto que k é próxima de zero encontra-se, dessa forma, a ordem q apropriada para o modelo MA. Conforme se pode ver na Figura 5-6, a partir do *lag* 5 ($k = 5$) as autocorrelações passam a ser todas estatisticamente iguais a zero e q assume, portanto o valor 4 ($k = 5$, que é maior que $q = 4$). O valor de q , sendo igual a quatro, significa que o modelo terá 4 parâmetros de médias móveis: MA 1, MA 2, MA 3 e MA 4. Definiu-se, assim, o filtro MA do modelo ARMA (p, q), que agora passou a ser ARMA (2, 4) se considerarmos a série W_T , ou ARIMA (2, 2, 4) se considerarmos a série Y_T original.

De posse do modelo inicial ARIMA (2, 2, 4), constatou-se que o mesmo apresentava um MAD de 327.149 sacas de café. Constatou-se também que esse modelo, apesar de ter apresentado dois parâmetros (MA 2 e MA 4) não significativos ($p\text{-value} > 0,05$), conforme observado na tabela do Apêndice B, não se mostrou superespecificado, embora o parâmetro MA 2 tenha apresentado uma correlação alta com o parâmetro MA 1 (0,645), e MA 4 tenha apresentado uma correlação alta com MA 1 (-0,648). A ausência de superespecificação pôde ser comprovada com a retirada de um parâmetro MA do modelo ARIMA (2, 2, 4), que se tornou, dessa forma, um ARIMA (2, 2, 3). Esse modelo acusou um parâmetro AR (AR 2) e dois parâmetros MA (MA 2 e MA 3) não significativos, além de ter apresentado forte correlação desses parâmetros com outros, demonstrando que a retirada do parâmetro MA do modelo ARIMA (2, 2, 4) apresentou resultados piores (tabela no Apêndice C). O modelo ARIMA (2, 2, 3) apresentou também um MAD de 314.480 sacas de café.

Testou-se, em seguida, se o modelo ARIMA (2, 2, 4) estaria subespecificado, isto é, se não existiria um modelo melhor com a introdução de mais um parâmetro AR e ou MA. O modelo que apresentou o menor MAD (265.387 sacas de café) combinado com os melhores resultados estatísticos foi o modelo ARIMA (2, 2, 5), ou seja, o modelo ARIMA (2, 2, 4) acrescido de mais um parâmetro de médias móveis MA 5. Pode-se considerar, portanto, que o modelo ARIMA (2, 2, 4) apresentava-se subespecificado, pois a introdução de mais um parâmetro MA melhorou esse modelo estatisticamente. Outros modelos foram testados, como o ARIMA (5, 2, 5), mostrados na tabela do Apêndice D, que, embora tenha apresentado um MAD menor (219.172 sacas de café), apresentou resultados estatísticos piores.

Na terceira fase de construção de um modelo ARIMA - fase de estimação - utilizou-se de recursos computacionais para se obter o valor dos parâmetros (AR1 e AR 2 e MA 1, MA 2, MA 3, MA 4 e MA 5) do modelo ARIMA (2, 2, 5).

O *software Minitab*, versão 13, disponibilizou o valor dos coeficientes assumidos por cada parâmetro do modelo ARIMA (2, 2, 5), que são apresentados na Tabela 5-3:

Tabela 5-3 - Coeficientes AR e MA do modelo ARIMA (2, 2, 5).

Coeficientes ARIMA (2, 2, 5)	
Parâmetro	Coeficiente
AR 1	1,4323
AR 2	0,9978
MA 1	2,2487
MA 2	-1,8095
MA 3	-0,1568
MA 4	0,9879
MA 5	-0,4845

Em seguida, de posse desses parâmetros, elaborou-se a equação matemática representativa desse modelo, utilizada para prever os valores da demanda interna de café em cada período t :

$$\begin{aligned}
 Y_{t(ARIMA(2,2,5))} = & 2Y_{t-1} - Y_{t-2} + 1,4323 [(Y_{t-1} - Y_{t-2}) - (Y_{t-2} - Y_{t-3})] + \dots \\
 & \dots - 0,9978 [(Y_{t-2} - Y_{t-3}) - (Y_{t-3} - Y_{t-4})] - \dots \\
 & \dots - 2,2487[(\varepsilon_{t-1} - \varepsilon_{t-2}) - (\varepsilon_{t-2} - \varepsilon_{t-3})] + 1,8095[(\varepsilon_{t-2} - \varepsilon_{t-3}) - (\varepsilon_{t-3} - \varepsilon_{t-4})] + \dots \\
 & \dots + 0,1568[(\varepsilon_{t-3} - \varepsilon_{t-4}) - (\varepsilon_{t-4} - \varepsilon_{t-5})] - 0,9879[(\varepsilon_{t-4} - \varepsilon_{t-5}) - (\varepsilon_{t-5} - \varepsilon_{t-6})] + \dots \\
 & \dots + 0,4845 [(\varepsilon_{t-5} - \varepsilon_{t-6}) - (\varepsilon_{t-6} - \varepsilon_{t-7})] + \varepsilon_t . \quad (5.9)
 \end{aligned}$$

A Figura 5-15 mostra o ajuste do modelo representado pela equação 5.9 e a linha de tendência dos valores previstos.

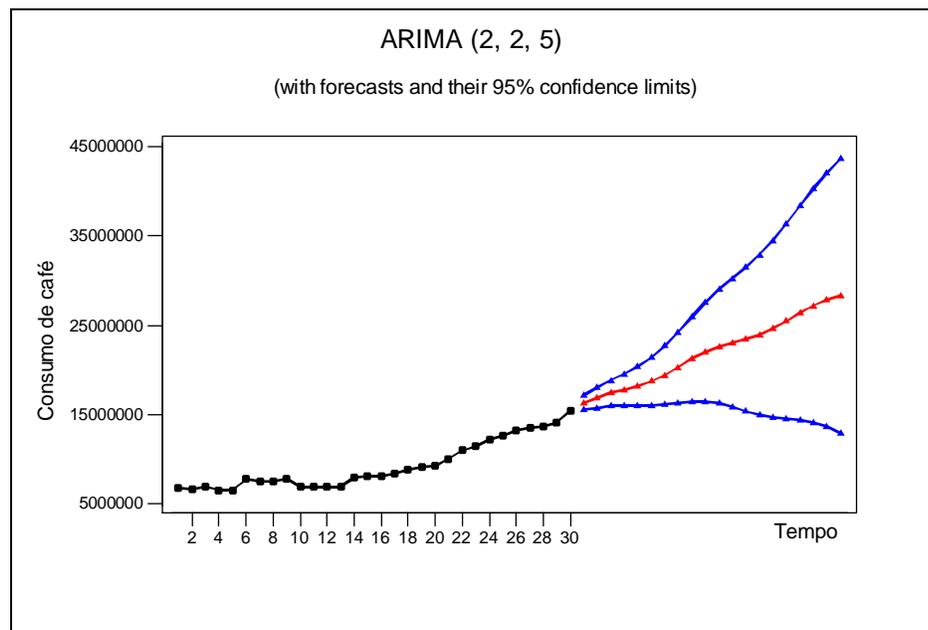


Figura 5-15 - Ajuste modelo ARIMA (2, 2, 5).

A linha em preto na Figura 5-15 mostra a evolução dos dados do consumo de café de 1975 ($t = 1$) a 2004 ($t = 30$). A linha vermelha mostra a projeção dos valores previstos do ano de 2005 ($t = 31$) ao de 2024 ($t = 50$). As linhas em azul mostram os limites inferiores e os limites superiores dos valores previstos, e indicam que há 95% de possibilidade dos valores reais observados se situarem entre esses dois limites (Apêndice H).

Na quarta fase – de verificação do modelo -, averiguou-se se o modelo ARIMA (2, 2, 5) era adequado. Essa fase foi dividida em várias etapas, cada uma delas apresentando um teste de adequação do modelo.

Como primeiro teste, Pindyck e Rubinfeld (2004) sugerem o cálculo da função de autocorrelação (ACF) dos resíduos para determinar se eles parecem ser “ruído branco”, ou seja, os termos dos erros aleatórios ε_t no processo efetivo terem distribuição normal e serem independentes, apresentando média zero e variância constante. Para que isso ocorra, os resíduos quase não devem ter correlação entre si, apresentando autocorrelações amostrais (Corr) próximas de zero (ou estatisticamente iguais a zero) a partir do $lag(k)$ igual a 1. Para Makridakis *et al.* (1998), se existir algum padrão remanescente nos erros ou resíduos, tal fato indicaria que o método de previsão poderia ser melhorado. O teste de Barlett, realizado anteriormente, calculou que uma correlação pode ser estatisticamente considerada igual a zero se ela assumir um valor menor que 0,378, medidos em termos absolutos. Conforme pode ser observado na Figura 5-16, nenhuma autocorrelação (Corr) foi maior que 0,378, ou seja, todas as autocorrelações entre os resíduos são menores que esse valor, sendo consideradas estatisticamente iguais a zero a partir do lag 1.

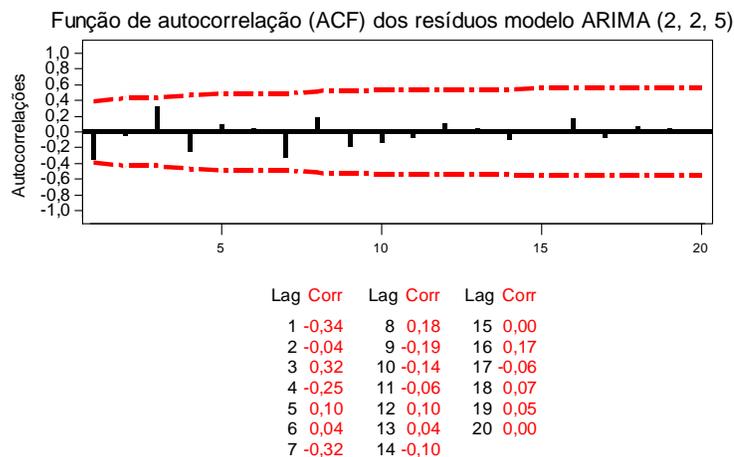


Figura 5-16 - Função de autocorrelação dos resíduos (ACF) do modelo ARIMA (2, 2, 5).

Tal fato indica que não existe nenhum padrão remanescente nos resíduos, o que demonstra ser o modelo em questão apropriado para realizar a previsão.

Como complemento do teste acima, Fava (2000) e Makridakis *et al.* (1998), sugerem a realização de dois testes para verificar se o conjunto de todas as correlações dos resíduos pode ser considerado estatisticamente igual a zero. Esse teste pode ser realizado através do cálculo da estatística $Q(K)$ de Ljung-Box ou através da estatística Q de Box-Pierce. Tais testes calculam a estatística $Q(K)$ ou Q que possuem distribuição qui-quadrado com $k - p - q$ graus de liberdade, com k sendo o número de lags considerados. Se o valor da estatística qui-

quadrado tabelado for maior que o valor calculado de $Q(K)$ ou Q , aceita-se a hipótese de que os resíduos, em seu conjunto, são estatisticamente iguais a zero. A Tabela 5-4 apresenta o resultado desses dois testes.

Tabela 5-4 - Testes de Box-Pierce e Ljung-Box dos resíduos.

Modelo		
ARIMA (2, 2, 5)		
Teste	Box- Pierce	Ljung-Box
n	28	28
k (nº de lags)	20	20
p	2	2
q	5	5
DL	13	13
Q	15,38	16,46
Qtab (90%)	19,81	19,81
Qtab (95%)	22,36	22,36
Resultado	ACEITA	ACEITA

Conforme pode ser visto, os dois testes apresentaram o Q calculado (15,38 para o teste Box-Pierce e 16,46 para o teste de Ljung-Box) menores que os Q tabelados (Q_{TAB}) de 19,81 e 22,36 ao nível crítico, respectivamente, de 10% e 5%. Pode-se, dessa forma, considerar as correlações entre os resíduos, em seu conjunto, estatisticamente iguais a zero, e o modelo ARIMA (2, 2, 5) como possuidor de uma especificação correta para realizar a previsão.

Inexistindo qualquer correlação entre os resíduos, verificou-se, através da realização do teste de normalidade de Anderson-Darling, se os resíduos seguiam distribuição normal. A Figura 5-17 mostra o resultado desse teste, que apresentou p -value bem superior a 0,05 (0,911), demonstrando que os resíduos, dessa forma, podem ser considerados normalmente distribuídos. A normalidade dos resíduos é confirmada ao se observar a Figura 5-18, que mostra o histograma dos resíduos.

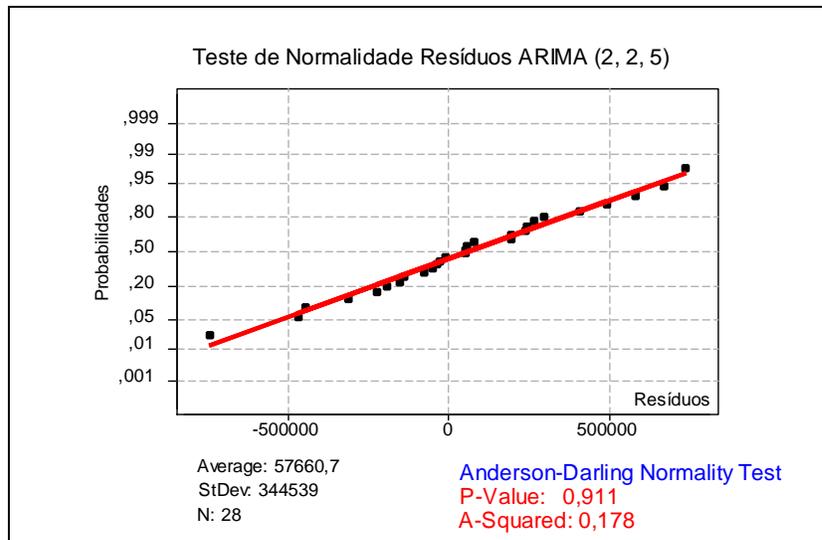


Figura 5-17 - Teste de normalidade Anderson-Darling para resíduos ARIMA (2, 2, 5).

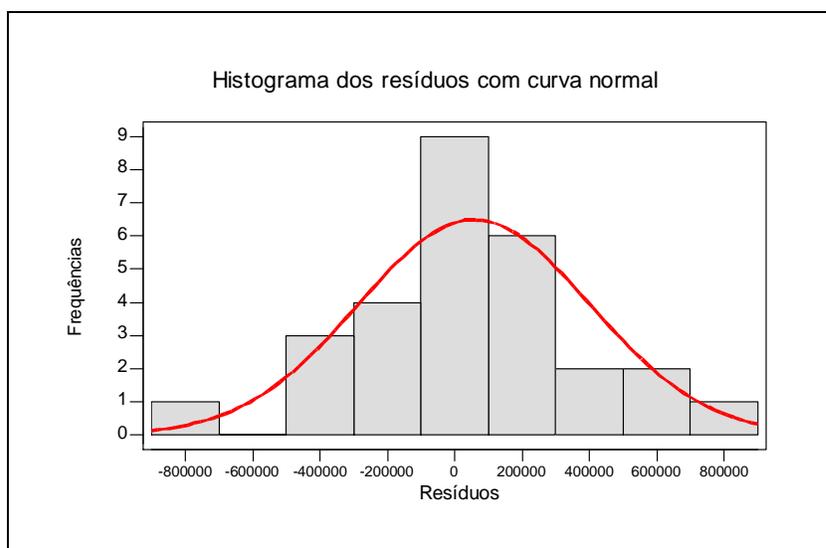


Figura 5-18 - Histograma dos resíduos com curva normal.

Em seguida, verificou-se, através de um teste de *Run-Chart* representado na Figura 5-19, se os resíduos eram distribuídos aleatoriamente e se sua variância e média estavam estabilizadas ou sobre controle. Como os *p-value*, tanto do teste da estabilidade da tendência (0,7801) como de oscilação ou variância (0,2199), apresentaram valores maiores que 0,05, pode-se considerar o processo estabilizado, a média como sendo zero (linha central) e a variância constante. Rejeitou-se, portanto, com um nível de significância de 5%, a hipótese H_1 que testava a possibilidade do processo estar descontrolado em sua média ou variância e aprovou-se, dessa

forma, a hipótese H_0 , ou seja, a hipótese de que o processo está controlado em sua média e variância.

Na Figura 5-19 pode-se notar também que os resíduos estão distribuídos de forma aleatória.

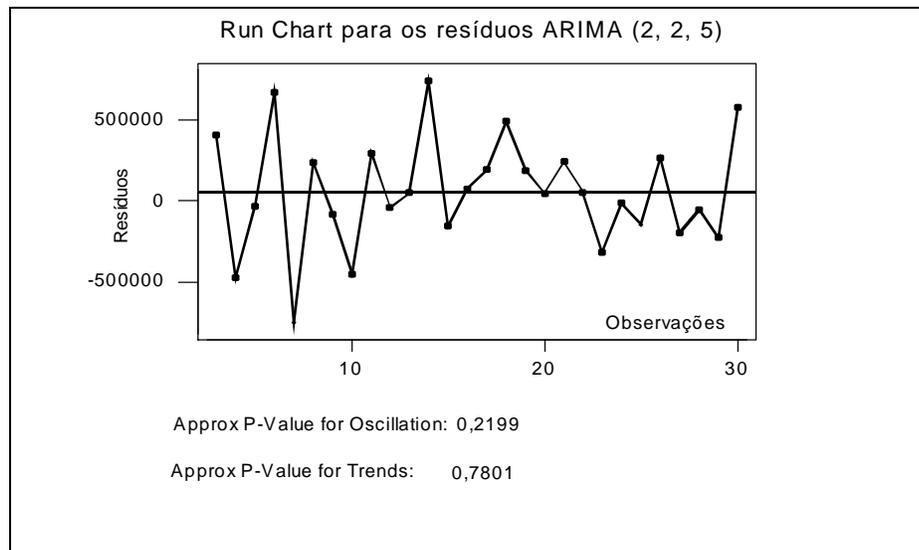


Figura 5-19 - Run-Chart dos resíduos do modelo ARIMA (2, 2, 5).

Os testes realizados até agora testaram e confirmaram que o modelo ARIMA (2, 2, 5) é um modelo ruído branco, ou seja, que não existe nenhum padrão remanescente em seus resíduos que possa indicar que esse modelo não tenha sido corretamente especificado.

Um segundo teste de verificação do modelo, segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), consiste na comparação visual da função de autocorrelação amostral (ACF) da série original (Y_T) com a função de autocorrelação (ACF-FIT) da série gerada pelo modelo. Se elas se mostrarem muito diferentes, eles afirmam que se deve duvidar da validade do modelo.

Conforme pode ser visto, a função de autocorrelação amostral (ACF) da série original de consumo interno de café (Y_T), representada pela Figura 5-4, é parecida com a função ACF-FIT da série gerada pelo modelo ARIMA (2, 2, 5), representada pela Figura 5-20, o que afasta dúvidas em relação à validade do modelo.

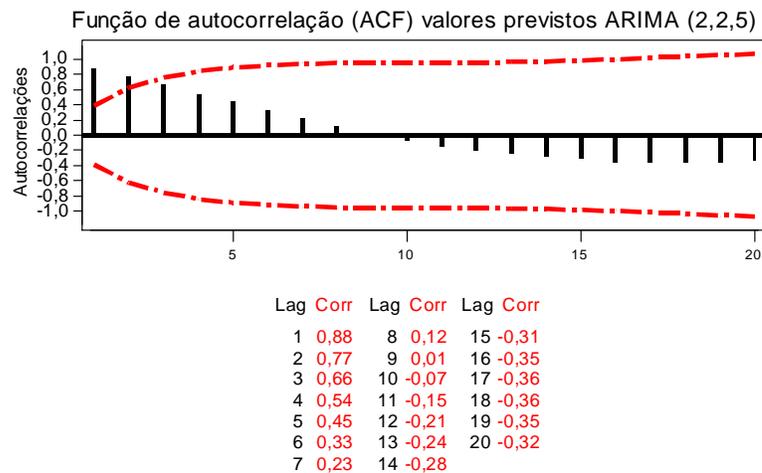


Figura 5-20 - Função de autocorrelação (ACF-FIT) da série gerada pelo modelo ARIMA (2,2,5).

O terceiro teste de verificação consiste, segundo Fava (2000), em analisar se o princípio da parcimônia está sendo respeitado pelo modelo ARIMA (2, 2, 5), ou seja, se esse modelo não se apresenta superespecificado (p e/ou q maiores do que o devido), ou subespecificado (p e/ou q menores do que o devido).

A verificação da existência de parâmetros (AR e ou MA) redundantes (superespecificação) é feita com base no erro-padrão dos coeficientes AR e MA e na correlação entre eles. Se o valor de um coeficiente estimado for pequeno em relação a seu erro-padrão (SE coeficiente), isto indicaria sua insignificância estatística. Caso ocorra a superespecificação em um parâmetro de maior ordem do modelo, Fava (2000) sugere que esse coeficiente seja retirado do modelo e um modelo de menor ordem seja testado. Se não for o parâmetro de menor ordem, deve-se analisar sua correlação com os demais coeficientes do modelo, que se for alta, indica que um dos dois pode ser redundante.

Verificada a possibilidade de superespecificação, deve-se avaliar se está havendo subespecificação introduzindo-se parâmetros adicionais e testando sua significância estatística.

A Tabela 5-5 mostra o teste de significância dos parâmetros. Ela mostra que o valor do coeficiente MA 3 (-0,1568) é pequeno em relação a seu erro-padrão de -1,31, o que poderia estar indicando a presença de parâmetros redundantes. Como MA 3 não é o parâmetro de maior ordem do modelo, verificou-se a sua correlação com os demais parâmetros. Observando-se a Tabela 5-6, constatou-se que o parâmetro MA 3 do modelo só era fortemente

correlacionado com o parâmetro MA 4 (correlação = -0,816). Para testar se um desses parâmetros - MA 3 ou MA 4 - eram redundantes, retirou-se um deles do modelo. O modelo então se tornou um ARIMA (2, 2, 4) que, conforme já visto, apresentou resultados estatísticos piores e MAD maior que o modelo ARIMA (2, 2, 5). Portanto, constatou-se que o modelo ARIMA (2, 2, 5), apesar de indicar um sinal de uma possível existência de superespecificação, foi aprovado em todos os demais testes, o que indica que o modelo se apresentava bem especificado. A prova evidente é que nenhum outro modelo testado apresentou testes estatísticos melhores do que ele.

A significância dos parâmetros pode ser verificada também na Tabela 5-5, através da análise dos *p-values* de cada valor de T. O valor de T fornece a taxa estimada do erro padrão para cada parâmetro. Os *p-value* são calculados usando um teste T bi-caudal, encontrado numa tabela de normalidade. O *p-value*, para qualquer parâmetro, é obtido encontrando a probabilidade do erro padrão de cada parâmetro ser maior que T e menor que T. O teste é considerado significativo se o *p-value* é menor que 0,05.

Tabela 5-5 – Teste de significância dos parâmetros AR e MA do modelo ARIMA (2, 2, 5).

Teste dos parâmetros ARIMA (2, 2, 5)				
Parâmetro	Coefficiente	SE coeficiente	T	P
AR 1	1,4323	0,058	24,69	0,000
AR 2	0,9978	0,0577	-17,31	0,000
MA 1	2,2487	0,0003	7676,34	0,000
MA 2	-1,8095	0,0001	-29.348,74	0,000
MA 3	-0,1568	0,1197	-1,31	0,204
MA 4	0,9879	0,0669	14,76	0,000
MA 5	-0,4845	0,1077	-4,5	0,000

Tabela 5-6 - Correlações entre parâmetros do modelo ARIMA (2, 2, 5).

Matriz de correlação parâmetros ARIMA (2, 2, 5)						
	AR 1	AR 2	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4
AR 2	-0,745					
MA 1	0,397	-0,535				
MA 2	-0,407	0,073	0,472			
MA 3	0,267	0,135	0,35	-0,092		
MA 4	-0,164	0,03	-0,566	-0,265	-0,816	
MA 5	-0,241	0,055	0,439	0,578	0,317	-0,726

Nesse caso, os parâmetros podem ser considerados altamente significantes e necessários em tomar parte no modelo. Se um deles, entretanto, não se apresentar significativo, segundo Makridakis *et al.* (1998), poderia ser possível melhorar o modelo com a sua retirada. Conforme pode ser observado, apenas o *p-value* referente ao teste de significância do

parâmetro MA 3 apresentou valor superior a 0,05 (0,204), o que, conforme já visto, não foi capaz de invalidar a especificação do modelo ARIMA (2, 2, 5).

Como o modelo ARIMA (2, 2, 5) foi aprovado em todos os testes estatísticos acima e, além desse fato, apresentou um MAD relativamente pequeno, decidiu-se que o mesmo faria parte da combinação de métodos para se prever a demanda interna de café.

5.4 Combinação dos métodos selecionados

Os métodos selecionados para tomar parte na Combinação (COMB) dos métodos que apresentaram menores MADs e melhores resultados estatísticos foram ARIMA (2, 2, 5), DSE e ATQ. Eles apresentaram, respectivamente, MADs em número de sacas de café de 60kg de 265.387, 302.025 e 357.099.

A partir da seleção desses métodos, utilizou-se uma média aritmética simples dos valores previstos por cada um deles [resultados apresentados pela Equação 5.9 (ARIMA), Equação 5.6 (DSE) e Equação 5.8 (ATQ) para calcular o valor previsto médio em cada período de tempo ou ano, ou seja, o valor da combinação ($Y_{t(COMB)}$)]. Então, o valor da combinação pode ser considerado como o valor previsto por um novo método que recebeu o nome de Método Combinação (COMB).

Segundo Hibon e Eugeniou (2005), a combinação de métodos de previsão sempre consiste de uma média aritmética simples (sem peso), como descrita na Equação 5.10:

$$\bar{X} = \frac{X^{(1)} + X^{(2)} + X^{(3)} + \dots + X^{(n)}}{n}, \quad (5.10)$$

sendo:

\bar{X} = valor da previsão dado pela média aritmética (combinação) das previsões fornecidas pelos métodos individuais $X^{(1)}, X^{(2)}, X^{(3)} \dots X^{(n)}$;

n = número de métodos usados na combinação.

Estes autores constataram que o desempenho da combinação é superior a dos métodos individuais quando se combinam até sete métodos. Sanders e Ritzman (1989) utilizaram também, em trabalho realizado, uma média simples constituída de previsões fornecidas por métodos individuais para o cálculo do valor previsto combinado.

A média aritmética simples dos valores previstos por cada método, em cada período de tempo ou ano, foi obtida através da Equação 5.11:

$$Y_{t(COMB)} = \frac{Y_{t(ARIMA(2,2,5))} + Y_{t(DSE)} + Y_{t(ATQ)}}{3} \quad (5.11)$$

Portanto, $Y_{t(COMB)}$ fornece os valores previstos pelo método combinação (COMB). O ajuste apresentado por esse método é mostrado na Figura 5-21.

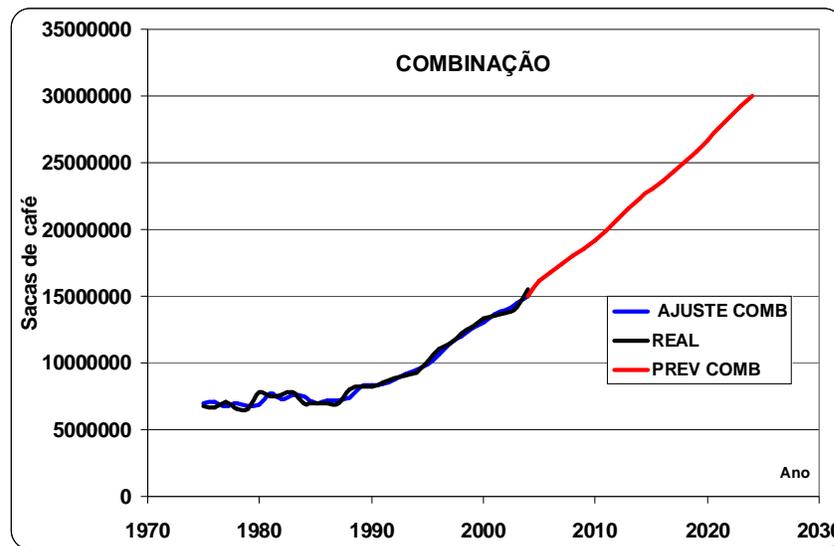


Figura 5-21 - Ajuste do método COMB aos dados.

Conforme se pode notar, o método COMB possui um ajuste (linha AJUSTE COMB) bem próximo dos valores reais (linha REAL). Tal fato indica que esse método se ajustou bem ao padrão dos dados apresentados pela série original do consumo de café (Y_T).

Para comprovar estatisticamente a adequação do ajuste, segundo Levine *et al.* (1997), é importante se fazer a análise do gráfico dos resíduos, pois “se o modelo em questão se ajustar adequadamente, os resíduos representam o componente irregular da série temporal, e deveriam portanto ser distribuídos aleatoriamente ao longo da série”. Se, entretanto, o modelo não se ajustar adequadamente, os resíduos podem demonstrar um padrão sistemático, o que pode significar que se deixou de levar em conta uma tendência, uma variação cíclica ou variações sazonais. A Figura 5-22 mostra o gráfico dos resíduos da combinação (COMB). Pode-se ver que os resíduos estão distribuídos aleatoriamente, o que comprova o bom ajuste do método COMB.

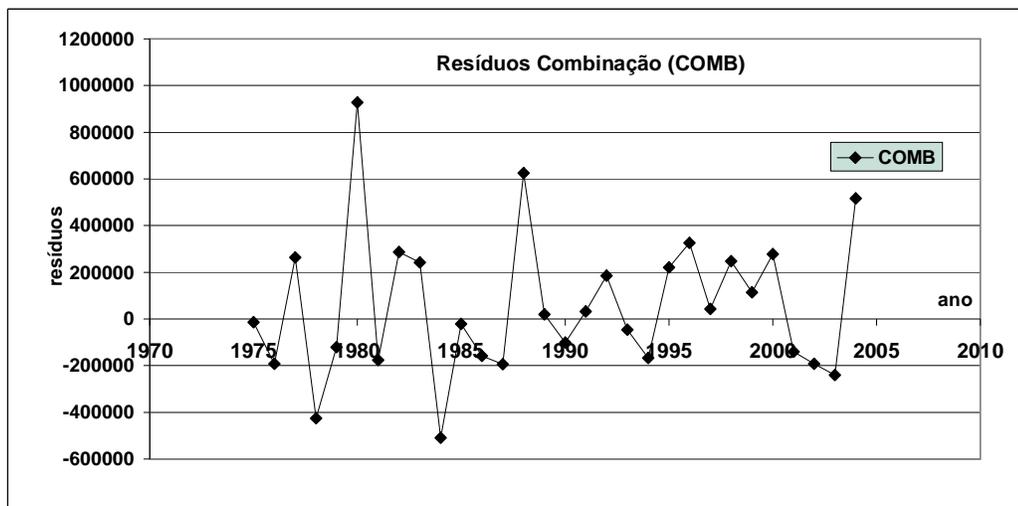


Figura 5-22 - Resíduos do método COMB distribuídos aleatoriamente.

A Tabela 5-7 apresenta a produção brasileira de café, no período de 2000 a 2006 e a produção prevista pelos métodos com menor MAD e pela combinação entre eles. Pode-se observar que nem sempre a combinação oferece os menores percentuais de erro em comparação com um determinado método individual, quando se considera um único período de tempo de forma isolada. Como exemplo, observou-se que no ano de 2005, o DSE, que foi o segundo melhor método individual, apresentou o menor percentual de erro (2,69%) dentre todos os métodos, incluindo-se aí a combinação. Entretanto, tomando-se a previsão para o ano de 2004, o DSE apresentou o maior percentual de erro (-5,94%), e forneceria a pior previsão se tivesse sido escolhido.

Em relação à combinação, o DSE apresentou o maior percentual de erro também nos anos de 2001 (2,14%), 2002 (1,62%) e 2004 (-5,94%). Já o ARIMA (2, 2, 5) – método individual que apresentou melhor desempenho, ou seja, menor MAD – se tivesse sido escolhido, ofereceria resultados piores que a Combinação em 2001 (1,42%), 2004 (-3,88%), 2005 (5,53%) e 2006 (3,43%). Entretanto, no conjunto dos anos, ou seja, de 1975 a 2004, ele apresentaria, na média dos anos, o menor erro de todos os métodos com exceção da combinação.

Deve-se considerar que o tomador da decisão faz a seleção de um método em períodos anteriores à observação dos valores reais. Essa escolha sempre vai envolver o risco daquele método selecionado para um determinado período apresentar a pior previsão. Se o método DSE tivesse sido o escolhido para realizar a previsão de 2004, ele teria apresentado um erro de -5,94%, enquanto que se o método escolhido tivesse sido o ATQ, a diferença entre o valor real e o valor previsto teria sido de apenas -0,67%. Em contrapartida, se o método ATQ

tivesse sido escolhido para fazer a previsão de 2006, ele teria apresentado o pior resultado entre os métodos.

Tabela 5-7 - Comparação entre o consumo real e o previsto de cada método.

Consumo real café no Brasil, consumo previsto por cada método e % erros dos métodos selecionados									
Ano	Consumo Real (milhões de sacas)	Métodos de previsão (milhões de sacas)				Métodos de Previsão (% erros)			
		(2, 2, 5)	DSE	ATQ	COMB**	(2, 2, 5)	DSE	ATQ	COMB**
2000	13,29	13,02	13,18	12,83	13,01	-2,04	-0,79	-3,60	-2,13
2001	13,49	13,68	13,78	13,43	13,63	1,42	2,14	-0,49	1,04
2002	13,75	13,80	13,97	14,05	13,94	0,38	1,62	2,14	1,38
2003	14,20	14,42	14,19	14,70	14,44	1,56	-0,05	3,43	1,66
2004	15,49	14,91	14,62	15,39	14,97	-3,88	-5,94	-0,67	-3,45
2005	15,54	16,40	15,97	16,10	16,15	5,53	2,69	3,60	3,37
2006	16,33	16,89	16,51	16,84	16,75	3,43	1,10	3,12	2,57
2007	17,40*	17,45	17,10	17,60	17,38	0,29	-1,72	1,15	-0,11

* Previsão ABIC para 2007
 ** Média simples de, ARIMA (2, 2, 5), DSE E ATQ = Combinação de Métodos (COMB)

Pode-se perceber, entretanto, que se o decisor tivesse escolhido a combinação para esses dois períodos, em 2004 teria cometido um erro de -3,45% e, em 2006, um erro de 2,57%. O mesmo raciocínio pode ser usado para os demais anos. A escolha da combinação, portanto, faria com que os erros se situassem na média aritmética dos erros apresentados pelos três melhores métodos, o que diminuiria o risco associado à escolha do método pelo decisor.

Portanto, ao se fazer a análise ano a ano, não é possível concluir qual método obteria o melhor desempenho, mesmo porque, como pode ser observado na Tabela 5-7, nesses 6 anos de análise, houve um revezamento entre eles na posição do método que apresentou os menores erros e melhor desempenho. Tal comparação só pode ser realizada se tomarmos, em conjunto, o desempenho dos métodos apresentados na Tabela 5-7 nos últimos 30 anos, ou seja, de 1975 a 2004.

Em relação à previsão, no ano de 2005, o valor real observado do consumo de café (Tabela 5-7) foi de 15.540.000 sacas de 60 kg. Se a combinação tivesse sido escolhida para prever o consumo desse ano, ela teria apresentado um erro de 3,37%, ou seja, teria errado para mais em 523.698 sacas. O ARIMA (2, 2, 5) teria cometido um erro de 5,53% (860.000), o ATQ de 3,6% a mais (560.000 sacas) e o DSE, 2,69% a mais (418.026 sacas).

Para o ano de 2006, o consumo atingiu 16.330.000 sacas de 60 kg. (Tabela 5-7). A combinação apresentaria um erro de 2,57% (420.000 sacas), o DSE, 1,1% (180.000 sacas), o ATQ, 3,12% (500.000 sacas) e o modelo ARIMA (2, 2, 5), 3,43% (560.000 sacas).

Para o ano de 2007, a previsão da ABIC é que o consumo atinja 17.400.000 sacas de 60 kg. (Tabela 5-7) Em relação a essa previsão, a combinação apresentaria um erro de -0,11%

(20.000 sacas), o DSE, -1,72% (300.000 sacas), o ATQ, 3,12% (200.000 sacas) e o modelo ARIMA (2, 2, 5), 0,29% (50.000 sacas).

Considerando-se o desempenho geral de cada método nos trinta anos simulados, pode-se notar na Tabela 5-8 que o método que apresentou o menor MAD e, portanto, melhor desempenho, foi a COMBINAÇÃO; em segundo, o ARIMA (2, 2, 5); em terceiro, o método DSE; e, por fim, o método ATQ. Considerando-se, então, o desempenho de cada método durante todo o período simulado de 30 anos, a combinação de métodos (COMB) apresentou melhor desempenho que o melhor método individual utilizado na combinação – o ARIMA (2, 2, 5).

Tabela 5-8 - Diferenças MAD e desvios-padrão erros entre os métodos.

MADs e Desvios Padrão (em sacas de 60kg) e diferença % em relação a Combinação				
	MAD	Dif. MAD	Desv. Pad.	Dif. Desv. Pad.
COMB	234,387	0%	306.712	0%
ARIMA (2, 2, 5)	265,387	13,26%	344.538	12,33%
DSE	302,025	28,85%	446.821	45,68%
ATQ	357,099	52,35%	427.277	39,31%

Explicando de outra maneira, a combinação (COMB), conforme pode ser visto na terceira coluna da Tabela 5-8, apresentou desempenho (menor MAD) 13,26% superior do que o apresentado pelo método ARIMA (2, 2, 5), 28,85% superior do que o DSE e 52,35% superior ao ATQ. Portanto, considerando-se o padrão dos dados apresentados pela série original que mostra a evolução do consumo de café de 1975 a 2004 (Y_T), ou seja, os dados do estudo em questão, a combinação foi superior aos métodos ARIMA (2, 2, 5), DSE e ATQ.

A quarta coluna da Tabela 5-8 mostra, no período de 30 anos simulados, o desvio-padrão (DesvPad) dos erros de cada método. Nota-se que a combinação (COMB) apresentou o menor DesvPad dos erros (306. 702 sacas de café), enquanto o ARIMA (2, 2, 5) apresentou valor de 344.538, o ATQ, 427.277 e o DSE, 446.821. Como o desvio-padrão é uma medida associada ao tamanho do risco, pode-se considerar que a escolha da combinação seria 12,33% menos arriscada do que a escolha do método ARIMA (2, 2, 5) e, respectivamente, 39,31% e 45,68% menos arriscada do que a escolha do ATQ e DSE como método para se realizar a previsão da demanda interna de café solúvel e torrado e moído no Brasil. Assim como nos resultados apresentados em termos de desempenho, os resultados apresentados em termos de desvio-padrão são válidos para os dados do estudo em questão, não podendo ser generalizados.

A Figura 5-23 mostra a dispersão dos resíduos do ARIMA (2, 2, 5), DSE, ATQ e COMB em torno da média. Percebe-se que os resíduos do método COMB estão menos dispersos em

torno da média (representada pelo eixo horizontal X) do que os resíduos apresentados pelos outros métodos.

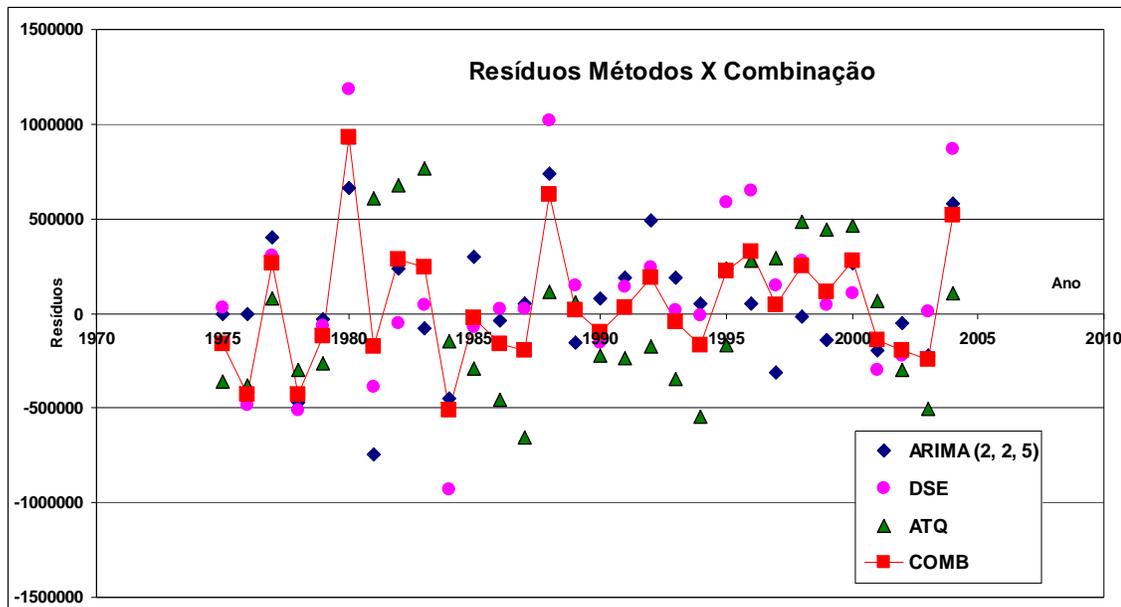


Figura 5-23 - Dispersão do ARIMA (2, 2, 5), DSE e ATQ em comparação a dispersão da COMBINAÇÃO.

Os Apêndices E, F, G e H mostram os valores reais, previstos, os limites inferiores e superiores previstos e os erros apresentados, respectivamente, pelos métodos DSE, ATQ, ARIMA (2, 2, 5) e COMB.

Como o método COMB apresentou o menor MAD, considerando-se o período de 1975 a 2004, seria ele o método recomendável para se realizar a previsão de 2005. Como a cada ano um novo valor real é acrescentado à série de dados observados do consumo de café (no início de 2006, o valor observado do consumo de café em 2005 seria acrescentado à série), a estrutura e o padrão de dados podem ir se modificando. Portanto, seria recomendável a cada ano realizar-se novamente o processo de previsão apresentado nesse trabalho.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1 Conclusões

Para se atingir os três objetivos do trabalho, foram utilizados vários métodos de Séries Temporais existentes na literatura, ou seja, modelos científicos já definidos. Realizaram-se experimentos a fim de definir o melhor ajuste de cada um deles, isto é, definir os parâmetros de suavização nos modelos de médias, ajustes da linha de tendência nos modelos de projeção, ou a melhor ordem p , d , q no método ARIMA. Definido o melhor ajuste de cada método, já dentro da etapa de validação, observou-se de cada um, seus respectivos MADs, resultados estatísticos e condições de aplicabilidade para se aceitar ou rejeitar cada método. Os métodos selecionados, ao fim desse processo, foram Dupla Suavização Exponencial (DSE), Análise de Tendência Quadrática (ATQ) e ARIMA (2, 2, 5). Com a escolha desses métodos, elaborou-se a combinação deles, que foi nomeada de método COMB. Os valores previstos por esse método resultaram da realização de uma média aritmética simples da qual fizeram parte os valores previstos pelos três métodos individuais selecionados. O método COMB também passou pelas etapas de validação como os demais métodos acima.

Dentre os métodos DSE, ATQ, ARIMA (2, 2, 5) e COMB, foi escolhido aquele que possuía o menor MAD ou melhor desempenho, considerando-se todos os 30 anos da série original de consumo de café, Y_T , para se fazer a previsão. O método COMB foi o escolhido nessa etapa. O primeiro objetivo – prever a demanda interna de café solúvel, torrado e moído - foi, dessa forma, atingido.

A previsão realizada pelo método COMB para 2005 foi de 16.070.000 sacas de 60 kg, e o valor observado nesse ano foi de 15.540.000 sacas, conforme relatório apresentado pela Associação Brasileira da Indústria de café (ABIC) em 2006. A diferença entre o valor previsto e o real foi de 530.000 sacas, ou 3,4 %.

O consumo interno real de café, divulgado pela ABIC em relatório de março de 2007, foi de 16,33 milhões de sacas de café de 60 kg. A diferença entre o valor previsto e o real, apresentada pelo método COMB, foi de 2,57%, ou seja, 420.000 sacas.

Observa-se que o processo seguido nesse trabalho, ao final de cada ano, pode ser atualizado. O previsor, ou seja, cada membro da cadeia industrial do café pode inserir novos valores anuais observados do consumo de café na série Y_T e realizar novos testes com os métodos selecionados, ou mesmo com todos os métodos utilizados nesse trabalho, definindo, mediante

os MADs apresentados, qual deles ou combinação deles seria mais apropriada a partir daquele momento para se realizar a previsão das futuras demandas de café torrado, moído e solúvel no mercado interno. Como exemplo, poder-se-ia inserir o consumo real divulgado pela ABIC em 2005 (15,54 milhões de sacas) e 2006 (16,33 milhões de sacas) na série Y_T e se calcular novamente os MADS de cada método no período de 1975 a 2006. A partir daí se escolheria aquele método que fornecesse o menor valor do MAD nesses 32 anos, ou seja, o melhor desempenho para se realizar a previsão para 2007.

Para o padrão de dados utilizado nesse trabalho, inserido na série de consumo de café (Y_T), e para os métodos testados, a combinação apresentou melhor desempenho em comparação com os métodos individuais selecionados. Portanto, o segundo objetivo desse trabalho – verificar se a combinação apresentaria melhor desempenho do que o melhor método individual selecionado - foi alcançado. Entretanto, não se deve ou pode se generalizar esse resultado, ou seja, não se pode afirmar que a combinação sempre apresentará melhor desempenho que um método tomado individualmente.

O método COMB, além de ter apresentado melhor desempenho, apresentou, também uma menor variabilidade (desvio-padrão) de seus resíduos. Tal fato demonstra que, se COMB fosse escolhido, os valores do limite superior e inferior, que seus erros podem assumir, são menores que os apresentados pelos outros métodos individuais, o que implica num menor risco de se cometer erros maiores. O risco, portanto, está relacionado ao tamanho do erro possível de ser cometido com a escolha de cada método. Para a combinação, esse risco foi menor. O terceiro objetivo desse trabalho – verificar se a escolha da combinação reduziria o risco associado à previsão - foi, dessa forma, também atingido. Porém, da mesma forma, não se pode generalizar afirmando que sempre a combinação de métodos apresentará esse risco menor.

Os resultados apresentados mostraram que a estratégia seguida nesse trabalho pode ser um bom caminho para se realizar uma previsão. A utilização de uma combinação dos métodos de melhor desempenho, conforme foi mostrado, pode, através do aumento do desempenho e redução dos riscos associados à escolha de um único método, proporcionar melhores decisões estratégicas e, certamente, maiores lucros para as empresas. Pode-se perceber isso claramente se considerarmos que a combinação apresentou nos 30 anos simulados um desempenho 13,26% superior (ou um MAD 13,26% menor) ao melhor método individual – ARIMA (2, 2, 5). Isso significa que, se ela tivesse sido escolhida como método de previsão durante esse período, ela cometeria, no conjunto desses anos, erros 13,26% menores que o ARIMA. As empresas de café solúvel, torrado e moído, dessa forma, acertariam mais nas suas previsões de

demanda de café e, conseqüentemente, tomariam melhores decisões estratégicas no presente concernentes ao planejamento para o futuro, no gerenciamento de suas operações. Em cada uma dessas empresas, por exemplo, o setor financeiro, munido de uma boa previsão de vendas, poderia tomar melhores decisões envolvendo o planejamento orçamentário e o controle de custos. O setor de marketing poderia planejar melhor o desenvolvimento de novos produtos. Já o setor de produção poderia tomar melhores decisões envolvendo seleção de processos, planejamento de capacidade produtiva e programação de estoques.

6.2 Sugestões

Neste trabalho utilizou-se uma média aritmética simples - envolvendo os métodos de séries temporais de Dupla Suavização Exponencial (DSE), Análise de Tendência Quadrática (ATQ) e ARIMA (2, 2, 5) – para se calcular o valor previsto pelo método COMB. Foram atribuídos, portanto, pesos iguais para cada um desses métodos. Uma sugestão para futuros trabalhos seria desenvolver um método científico que possibilitasse atribuir pesos diferentes a cada um desses métodos individuais e, dessa forma, realizar-se não uma média aritmética simples para se fazer a previsão combinada, e sim uma média ponderada. O encontro do peso a ser atribuído a cada método poderia melhorar ainda mais os resultados encontrados nesse trabalho.

Uma segunda sugestão para trabalhos futuros seria utilizar-se de um DOE com o intuito de descobrir se realmente a combinação encontrada é a que apresenta o menor Desvio Médio Absoluto (MAD) e o menor risco associado a sua escolha (Desvpad) em conjunto, pois no trabalho realizado, mediram-se os dois indicadores separadamente. Dessa forma, poderia ser possível encontrar, por exemplo, uma outra combinação envolvendo não os três métodos acima, mas apenas dois que apresentassem melhores resultados do que os encontrados.

Pode-se realizar, também, um trabalho envolvendo as duas sugestões em conjunto, ou seja, encontrar-se a melhor combinação dos métodos (sugestão 2) e, em seguida, aplicar aos métodos participantes dela pesos definidos com base em critérios a serem encontrados cientificamente (sugestão 1).

Uma quarta sugestão seria realizar a previsão utilizando-se de um método de regressão múltipla e, dependendo de seu MAD, incluí-lo também na combinação.

Finalmente, uma outra sugestão seria uma combinação das sugestões 2 e 3, ou seja, incluir a regressão múltipla entre os métodos utilizados e avaliar a correlação existente nos valores previstos por cada método isolado e pela combinação. Caso existam correlações

significativas, um método ponderado de previsão poderia ser baseado em escores de componentes principais (ACP – Análise de Componentes Principais). Desse modo, os autovalores da matriz de variância-covariância das respostas previstas pelos métodos seriam utilizados como pesos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ: **Estatísticas – indicadores da indústria**. Disponível em: <http://www.abic.com.br/estatisticas.html>. Acesso em 15 mar. 2006b.

ABIC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ: **Estatísticas – indicadores da indústria**. Disponível em: <http://www.abic.com.br/estatisticas.html>. Acesso em 03 mar. 2007.

ABIC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Brasil vai ampliar exportação de café com maior valor agregado**, Jornal do Café, ed. 154. ago-set/2006. Disponível em http://www.abic.com.br/jcafe/jcafe_ed154_06_a_09.pdf – programa maior venda café. ago-set, 2006b.

ABREU, M. P. **O Brasil e a economia mundial, 1929-1945**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1999.

BACHA, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2004.

BERTRAND, J. W; FRANSOO, J. C. Research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 2, n. 2, p. 241-264, 2002.

CHAMBERS, J. C.; MULLICK, S. K.; SMITH, D. S. How to choose the right forecasting technique. **Harvard Business Review**. july-august, 1971.

CLEMEN, R. T. Combining forecasts: a review and annotated bibliography. **International Journal of Forecasting**. v.5, p. 559-583, 1989.

CORRÊA, H. L; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

COSTA, S. L. **Demanda interna de café no Brasil: novos condicionantes e perspectivas**. (Mestrado - Economia) – Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – MG, 2003.

DAVIS, M. M.; AQUALIANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DeLURGIO, S. A. **Forecasting principles and applications**. 1st Edition. Singapore: McGraw-Hill. 802p, 1998.

- FAVA, V. L. **Metodologia de Box-Jenkins para modelos univariados**. In: Vasconcellos, M. A. S.; Alves, D. Manual de econometria: nível intermediário. São Paulo: Atlas, 2000.
- FISHLOW, A. Origens e Conseqüências da Substituição de Importações no Brasil. **Estudos Econômicos**, v. 2, n. 6, p. 7-75, 1979.
- FRITSCH, W. 'Aspectos da Política Econômica no Brasil 1906-1914'. In: Neuhaus P. (Org). **Economia brasileira: uma visão histórica**. Rio de Janeiro: Campus, p.257-303, 1980a.
- FRITSCH, W. 1924. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.10, n. 3, p. 713-774, dez 1980b.
- FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**. 21. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional,1986.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Operations management**. Ohio: South-Western, 2001.
- GEORGOFF, D. M.; MURDICK, R. G. Managers guide to forecasting: How to choose the best technique or combination of techniques to help solve your particular forecasting dilemma. **Harvard Business Review**, jan-feb, p.110-119, 1986.
- HELFAND, S. M.; RESENDE, G. C. Brazilian agriculture in the 1990s: impact of the policy reforms. **IPEA**, Rio de Janeiro, Texto para discussão n.785, p. 1-39, abril 2001.
- HEMERLY, F. X. **Cadeia Produtiva do café no Estado de São Paulo: possibilidade de melhoria de sua competitividade no segmento agrícola**. Tese (Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Estado de São Paulo, setembro de 2000.
- HIBON, M.; EUGENIOL, T.. To combine or not to combine: selecting among forecasts and their combinations. **International Journal of Forecasting**. v. 15, p 15-24, 2005.
- LEVINE, D M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: teoria e aplicações usando Microsoft Excel em português**. Rio de Janeiro: LTC, 1997.
- MAKRIDAKIS, S. *et al.* The accuracy of Extrapolation (Time Series) Methods: Results of a Forecasting Competition. **Journal of Forecasting**. v. 1, p. 111-153, 1982.
- MAKRIDAKIS, S. Why combining works? **International Journal of Forecasting**. v.5, p. 601-603, 1989.
- MAKRIDAKIS, S; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: methods and applications**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.

- MENTZER, T. J.; COX JR., J. E. Familiarity, Application, and Performance of Sales Forecasting Techniques. **Journal of Forecasting**, v. 3, n. 1, p. 27-36, 1984.
- MITROFF, I. I.; BETZ, F.; PONDY, L. R.; SAGASTI, F. On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole systems phenomenon. **Interfaces**, v. 4, n. 3, p. 46-58, 1974.
- MOREIRA, D. M. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Previsão de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Atual editora, 1987.
- NEWBOLD, P. **Statistics for Business & Economics**. New Jersey: Printice Hall. Inc, 1994.
- OIC - COFFEE INTERNATIONAL ORGANIZATION. Disponível em <http://www.ico.org>. Acesso em 12 abr. 2006.
- ORD, K. Commentaries on the M3-competition. An. Introduction, some comments and scorecard. **International Journal of Forecasting**, v. 17, p. 537-584, 2001.
- ORMOND, J. G. P.; PAULA, S. R. L.; FAVERET FILHO, P. Café (Re) conquista dos mercados. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 10, p. 3-56, set. 1999.
- PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Econometria: modelos e previsões**. ed. 4. São Paulo: Campus - Elsevier, 2004.
- PINHO NETO, D. M. O Governo Café Filho. **Universidade da Califórnia**, Berkeley, out, 1998.
- REALE, M. **Filosofia do direito**. ed. 20. São Paulo: Saraiva, 2002.
- RESENDE, A. L. R. A Política brasileira de estabilização: 1963/68. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.12, n. 3, p. 757-806, dez. 1982.
- SAES, M. S. M. **A Racionalidade econômica da regulamentação no mercado brasileiro de café**. Tese (Economia) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, março de 1995.
- SANDERS, N. R.; RITZMAN, L. P. Some Empirical Findings on Short-Term Forecasting: Technique Complexity and Combinations. **Decision Science**, v. 20, n. 3, p. 636-640, summer, 1989.
- SANDERS, N. R. Managing the forecasting function, **Industrial Managment & Data Systems**. v. 95, n. 4, p. 12-18, 1995.

SARGENT, R. G. Validation and verification of simulation models. In: Proceedings, **Winters Simulation Conference**. 2004.

SCHERER, F. M. **Preços industriais: teoria e evidência**. Rio de Janeiro: Campus, 1979.

SERRA, J. Ciclos e mudanças estruturais na economia brasileira do após-guerra. **Revista de Economia Política**, v.2/2, n. 6, abril-junho, 1982.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ªed. Florianópolis: UFSC. 138p. 2005.

SIQUEIRA, T. V. S. A Cultura do café 1961 – 2005. **BNDES Setorial**, n.22, p. 206-270, set. 2005.

TEIXEIRA, T. **A Política estratégica para a cafeicultura brasileira**. In: Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil (1.: 2000: Poços de Caldas, MG). Palestras. Brasília, DF.: Embrapa Café (374p), p. 169-193. 2000.

VIANA, J. J. S. **Aplicação de um modelo mundial para cafés diferenciados por origem**. (Doutorado – Economia) – Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, 2003.

WACKER, J. G.; LUMMUS, R. R. Sales forecasting for strategic resource planning. **International Journal of Operations & Production Managment**, v. 2, n. 9, p.1014-1031, 2002.

WADELL, D.; SOHAL, A. S. Forecasting: The Key to Managerial Decision Making. **Management Decision**, v. 32, n. 1, p. 41-49, 1994.

8 APÊNDICES

APÊNDICE A – Série de consumo interno de café (Y_T), série Z_T originada da série Y_T diferenciada uma vez, e série W_T originada da série Y_T diferenciada duas vezes.

Fonte: Série Y_T – OIC (2006); as demais séries foram elaboradas na pesquisa.

Und. Medida: Sacas de 60Kg de café

Data emissão: 2006

Ano	t	Série Y_T (original)	Série Z_T (1° DIF.) $Z_T = Y_t - Y_{t-1}$	Série W_T (2° DIF.) $W_T = (Y_{t+2} - Y_{t+1}) - (Y_{t+1} - Y_t)$
1975	1	6.795.000	*	*
1976	2	6.661.000	-134.000	*
1977	3	7.036.000	375.000	509.000
1978	4	6.600.000	-436.000	-811.000
1979	5	6.600.000	0	436.000
1980	6	7.800.000	1.200.000	1.200.000
1981	7	7.500.000	-300.000	-1.500.000
1982	8	7.624.000	124.000	424.000
1983	9	7.800.000	176.000	52.000
1984	10	7.000.000	-800.000	-976.000
1985	11	7.000.000	0	800.000
1986	12	7.000.000	0	0
1987	13	7.000.000	0	0
1988	14	8.000.000	1.000.000	1.000.000
1989	15	8.200.000	200.000	-800.000
1990	16	8.200.000	0	-200.000
1991	17	8.500.000	300.000	300.000
1992	18	8.900.000	400.000	100.000
1993	19	9.100.000	200.000	-200.000
1994	20	9.300.000	200.000	0
1995	21	10.100.000	800.000	600.000
1996	22	11.000.000	900.000	100.000
1997	23	11.500.000	500.000	-400.000
1998	24	12.200.000	700.000	200.000
1999	25	12.700.000	500.000	-200.000
2000	26	13.289.000	589.000	89.000
2001	27	13.490.000	201.000	-388.000
2002	28	13.750.000	260.000	59.000
2003	29	14.200.000	450.000	190.000
2004	30	15.490.000	1.290.000	840.000
n		30	29	28

APÊNDICE B – Teste de superespecificação e subespecificação do modelo ARIMA (2, 2, 4);
e matriz de correlação entre os parâmetros do modelo ARIMA (2, 2, 4).

Fonte: Elaborado na própria pesquisa.

Und. Medida:

Data emissão: 2006

Teste dos parâmetros ARIMA (2, 2, 4)				
Parâmetro	Coefficiente	SE coeficiente	T	P
AR 1	-1,3731	0,0596	-23,04	0,000
AR 2	-0,9939	0,0565	-17,58	0,000
MA 1	-0,7356	0,2397	-3,07	0,006
MA 2	0,2017	0,2387	0,84	0,407
MA 3	0,7441	0,2385	3,12	0,005
MA 4	0,1618	0,2805	0,58	0,570

Matriz de correlação parâmetros ARIMA (2, 2, 4)					
	AR 1	AR 2	MA 1	MA 2	MA 3
AR 2	0,690				
MA 1	-0,073	-0,053			
MA 2	-0,023	-0,001	0,645		
MA 3	-0,028	-0,031	-0,137	0,391	
MA 4	0,112	0,046	-0,648	-0,264	0,494

APÊNDICE C – Teste de superespecificação e subespecificação do modelo ARIMA (2, 2, 3);
e matriz de correlação entre os parâmetros do modelo ARIMA (2, 2, 3).

Fonte: Elaborado na própria pesquisa

Und. Medida:

Data emissão: 2006

Teste dos parâmetros ARIMA (2, 2, 3)				
Parâmetro	Coeficiente	SE coeficiente	T	P
AR 1	0,7859	0,2317	3,39	0,000
AR 2	0,0429	0,5569	0,08	0,939
MA 1	1,7070	0,0076	225,63	0,000
MA 2	-0,6472	0,4210	-1,54	0,138
MA 3	-0,1108	0,3470	-0,32	0,752

Matriz de correlação parâmetros ARIMA (2, 2, 3)				
	AR 1	AR 2	MA 1	MA 2
AR 2	-0,037			
MA 1	-0,195	-0,053		
MA 2	0,300	-0,001	0,645	
MA 3	-0,323	-0,031	-0,137	0,391

APÊNDICE D – Ordens de modelos ARIMA ($p, 2, q$) e respectivos MADs

Fonte: Elaborado na própria pesquisa
Und. Medida: MADs em sacas de 60Kg de café
Data emissão: 2006

ORDEM ARIMA			MAD
p	d	q	
0	2	0	*
0	2	1	299.327
0	2	2	305.249
0	2	3	350.530
0	2	4	296.258
0	2	5	303.653
1	2	0	401.437
1	2	1	304.374
1	2	2	315.526
1	2	3	351.195
1	2	4	296.357
1	2	5	281.913
2	2	0	325.877
2	2	1	329.376
2	2	2	327.150
2	2	3	314.480
2	2	4	316.399
2	2	5	265.388
3	2	0	337.183
3	2	1	329.059
3	2	2	*
3	2	3	287.549
3	2	4	283.280
3	2	5	274.656
4	2	0	300.657
4	2	1	288.937
4	2	2	305.243
4	2	3	302.939
4	2	4	243.955
4	2	5	236.832
5	2	0	303.052
5	2	1	288.053
5	2	2	*
5	2	3	303.052
5	2	4	283.312
5	2	5	219.172
* MINITAB não calcula MAD com essa ordem			
MAD em sacas de 60Kg de café			

APÊNDICE E – Demanda real, prevista e erro de previsão (real menos prevista) do modelo DSE de 1975 a 2004; Demanda prevista, limite inferior e superior do modelo DSE de 2005 a 2024.

Fonte: Elaborado na própria pesquisa

Und. Medida: Sacas de 60 Kg de café

Data emissão: 2006

ANO	REAL	PREVISTO	ERRO	% ERRO	ANO	PREVISTO	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR
1975	6.795.000	6.762.981	-32019	-0,47%	2005	15.972.239	15.232.278	16.712.200
1976	6.661.000	7.142.774	481774	6,74%	2006	16.536.451	15.474.362	17.598.540
1977	7.036.000	6.733.940	-302060	-4,49%	2007	17.100.663	15.696.606	18.504.720
1978	6.600.000	7.109.050	509050	7,16%	2008	17.664.875	15.910.575	19.419.175
1979	6.600.000	6.666.372	66372	1,00%	2009	18.229.087	16.120.388	20.337.786
1980	7.800.000	6.613.739	-1186261	-17,94%	2010	18.793.299	16.327.836	21.258.762
1981	7.500.000	7.889.473	389473	4,94%	2011	19.357.511	16.533.815	22.181.206
1982	7.624.000	7.674.512	50512	0,66%	2012	19.921.723	16.738.822	23.104.623
1983	7.800.000	7.758.262	-41738	-0,54%	2013	20.485.935	16.943.153	24.028.717
1984	7.000.000	7.932.379	932379	11,75%	2014	21.050.147	17.146.993	24.953.300
1985	7.000.000	7.071.870	71870	1,02%	2015	21.614.359	17.350.468	25.878.249
1986	7.000.000	6.978.903	-21097	-0,30%	2016	22.178.571	17.553.664	26.803.478
1987	7.000.000	6.973.578	-26422	-0,38%	2017	22.742.783	17.756.640	27.728.926
1988	8.000.000	6.977.395	-1022605	-14,66%	2018	23.306.995	17.959.441	28.654.548
1989	8.200.000	8.050.575	-149425	-1,86%	2019	23.871.207	18.162.101	29.580.312
1990	8.200.000	8.357.418	157418	1,88%	2020	24.435.419	18.364.644	30.506.193
1991	8.500.000	8.360.640	-139360	-1,67%	2021	24.999.631	18.567.091	31.432.170
1992	8.900.000	8.655.416	-244584	-2,83%	2022	25.563.843	18.769.457	32.358.228
1993	9.100.000	9.085.475	-14525	-0,16%	2023	26.128.055	18.971.754	33.284.355
1994	9.300.000	9.309.563	9563	0,10%	2024	26.692.267	19.173.992	34.210.541
1995	10.100.000	9.510.273	-589727	-6,20%				
1996	11.000.000	10.350.134	-649866	-6,28%				
1997	11.500.000	11.350.714	-149286	-1,32%				
1998	12.200.000	11.922.368	-277632	-2,33%				
1999	12.700.000	12.655.649	-44351	-0,35%				
2000	13.289.000	13.184.918	-104082	-0,79%				
2001	13.490.000	13.785.298	295298	2,14%				
2002	13.750.000	13.975.710	225710	1,62%				
2003	14.200.000	14.192.237	-7763	-0,05%				
2004	15.490.000	14.621.471	-868529	-5,94%				

APÊNDICE F – Demanda real, prevista e erro de previsão (real menos prevista) do modelo ATQ de 1975 a 2004; Demanda prevista do modelo ATQ de 2005 a 2024

Fonte: Elaborado na própria pesquisa

Und. Medida: Sacas de 60Kg de café

Data emissão: 2006

ANO	REAL	PREVISTO	ERRO	% ERRO	ANO	PREVISTO
1975	6.795.000	7.156.338	361.338	5,05%	2005	16.097.906
1976	6.661.000	7.041.436	380.436	5,40%	2006	16.837.392
1977	7.036.000	6.955.014	-80.986	-1,16%	2007	17.605.357
1978	6.600.000	6.897.072	297.072	4,31%	2008	18.401.802
1979	6.600.000	6.867.609	267.609	3,90%	2009	19.226.727
1980	7.800.000	6.866.625	-933.375	-13,59%	2010	20.080.131
1981	7.500.000	6.894.121	-605.879	-8,79%	2011	20.962.015
1982	7.624.000	6.950.097	-673.903	-9,70%	2012	21.872.379
1983	7.800.000	7.034.552	-765.448	-10,88%	2013	22.811.222
1984	7.000.000	7.147.487	147.487	2,06%	2014	23.778.544
1985	7.000.000	7.288.902	288.902	3,96%	2015	24.774.347
1986	7.000.000	7.458.796	458.796	6,15%	2016	25.798.628
1987	7.000.000	7.657.170	657.170	8,58%	2017	26.851.390
1988	8.000.000	7.884.023	-115.977	-1,47%	2018	27.932.631
1989	8.200.000	8.139.356	-60.644	-0,75%	2019	29.042.351
1990	8.200.000	8.423.168	223.168	2,65%	2020	30.180.551
1991	8.500.000	8.735.460	235.460	2,70%	2021	31.347.231
1992	8.900.000	9.076.232	176.232	1,94%	2022	32.542.391
1993	9.100.000	9.445.483	345.483	3,66%	2023	33.766.030
1994	9.300.000	9.843.214	543.214	5,52%	2024	35.018.148
1995	10.100.000	10.269.424	169.424	1,65%		
1996	11.000.000	10.724.114	-275.886	-2,57%		
1997	11.500.000	11.207.284	-292.716	-2,61%		
1998	12.200.000	11.718.933	-481.067	-4,11%		
1999	12.700.000	12.259.062	-440.938	-3,60%		
2000	13.289.000	12.827.670	-461.330	-3,60%		
2001	13.490.000	13.424.758	-65.242	-0,49%		
2002	13.750.000	14.050.326	300.326	2,14%		
2003	14.200.000	14.704.373	504.373	3,43%		
2004	15.490.000	15.386.900	-103.100	-0,67%		

APÊNDICE G – Demanda real, prevista e erro de previsão do modelo ARIMA (2, 2, 5) de 1975 a 2004; Demanda prevista, limite inferior e superior deste modelo de 2005 a 2024.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Und. Medida: Sacas de 60 Kg de café

Data emissão: 2006

ANO	REAL	PREVISTO	ERRO	% ERRO	ANO	PREVISTO	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
1975	6.795.000	*	*		2005	16.397.434	15.620.523	17.174.345
1976	6.661.000	*	*		2006	16.889.245	15.685.392	18.093.097
1977	7.036.000	6.631.008	-404.992	-6,11%	2007	17.454.596	16.017.677	18.891.514
1978	6.600.000	7.072.028	472.028	6,67%	2008	17.859.137	16.104.931	19.613.344
1979	6.600.000	6.629.789	29.789	0,45%	2009	18.240.514	16.087.301	20.393.728
1980	7.800.000	7.134.700	-665.300	-9,32%	2010	18.749.170	16.101.291	21.397.050
1981	7.500.000	8.243.234	743.234	9,02%	2011	19.463.245	16.213.186	22.713.304
1982	7.624.000	7.387.179	-236.821	-3,21%	2012	20.344.546	16.390.947	24.298.145
1983	7.800.000	7.879.642	79.642	1,01%	2013	21.260.399	16.528.407	25.992.391
1984	7.000.000	7.446.781	446.781	6,00%	2014	22.058.884	16.508.670	27.609.098
1985	7.000.000	6.704.456	-295.544	-4,41%	2015	22.654.780	16.273.417	29.036.142
1986	7.000.000	7.040.122	40.122	0,57%	2016	23.077.615	15.860.169	30.295.060
1987	7.000.000	6.950.129	-49.871	-0,72%	2017	23.454.716	15.385.037	31.524.396
1988	8.000.000	7.264.398	-735.602	-10,13%	2018	23.938.995	14.978.964	32.899.025
1989	8.200.000	8.353.709	153.709	1,84%	2019	24.622.419	14.713.769	34.531.068
1990	8.200.000	8.123.714	-76.286	-0,94%	2020	25.484.142	14.561.528	36.406.756
1991	8.500.000	8.308.747	-191.253	-2,30%	2021	26.402.538	14.410.932	38.394.144
1992	8.900.000	8.410.581	-489.419	-5,82%	2022	27.224.199	14.130.679	40.317.719
1993	9.100.000	8.909.662	-190.338	-2,14%	2023	27.850.754	13.643.956	42.057.551
1994	9.300.000	9.251.516	-48.484	-0,52%	2024	28.294.377	12.972.678	43.616.076
1995	10.100.000	9.859.729	-240.271	-2,44%				
1996	11.000.000	10.945.847	-54.153	-0,49%				
1997	11.500.000	11.814.249	314.249	2,66%				
1998	12.200.000	12.213.920	13.920	0,11%				
1999	12.700.000	12.842.865	142.865	1,11%				
2000	13.289.000	13.023.676	-265.324	-2,04%				
2001	13.490.000	13.684.408	194.408	1,42%				
2002	13.750.000	13.802.808	52.808	0,38%				
2003	14.200.000	14.424.622	224.622	1,56%				
2004	15.490.000	14.910.984	-579.016	-3,88%				

APÊNDICE H – Demanda real, prevista e erro de previsão (real menos prevista) do modelo COMB de 1975 a 2004; Demanda prevista do modelo COMB de 2005 a 2024

Fonte: Elaborado na própria pesquisa

Und. Medida: Sacas de 60Kg de café

Data emissão: 2006

ANO	REAL	PREVISTO	ERRO	% ERRO	ANO	PREVISTO
1975	6.795.000	6.809.644	14.644	0,22%	2005	16.155.860
1976	6.661.000	6.853.274	192.274	2,81%	2006	16.754.363
1977	7.036.000	6.773.321	-262.679	-3,88%	2007	17.386.872
1978	6.600.000	7.026.050	426.050	6,06%	2008	17.975.271
1979	6.600.000	6.721.257	121.257	1,80%	2009	18.565.443
1980	7.800.000	6.871.688	-928.312	-13,51%	2010	19.207.533
1981	7.500.000	7.675.609	175.609	2,29%	2011	19.927.590
1982	7.624.000	7.337.263	-286.737	-3,91%	2012	20.712.883
1983	7.800.000	7.557.485	-242.515	-3,21%	2013	21.519.185
1984	7.000.000	7.508.882	508.882	6,78%	2014	22.295.858
1985	7.000.000	7.021.743	21.743	0,31%	2015	23.014.495
1986	7.000.000	7.159.274	159.274	2,22%	2016	23.684.938
1987	7.000.000	7.193.626	193.626	2,69%	2017	24.349.630
1988	8.000.000	7.375.272	-624.728	-8,47%	2018	25.059.540
1989	8.200.000	8.181.213	-18.787	-0,23%	2019	25.845.326
1990	8.200.000	8.301.433	101.433	1,22%	2020	26.700.037
1991	8.500.000	8.468.282	-31.718	-0,37%	2021	27.583.133
1992	8.900.000	8.714.076	-185.924	-2,13%	2022	28.443.478
1993	9.100.000	9.146.873	46.873	0,51%	2023	29.248.280
1994	9.300.000	9.468.098	168.098	1,78%	2024	30.001.597
1995	10.100.000	9.879.809	-220.191	-2,23%		
1996	11.000.000	10.673.365	-326.635	-3,06%		
1997	11.500.000	11.457.416	-42.584	-0,37%		
1998	12.200.000	11.951.740	-248.260	-2,08%		
1999	12.700.000	12.585.859	-114.141	-0,91%		
2000	13.289.000	13.012.088	-276.912	-2,13%		
2001	13.490.000	13.631.488	141.488	1,04%		
2002	13.750.000	13.942.948	192.948	1,38%		
2003	14.200.000	14.440.411	240.411	1,66%		
2004	15.490.000	14.973.118	-516.882	-3,45%		