



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROPOSIÇÃO DE APLICAÇÃO DE UM MODELO DE PREVISÃO DE SÉRIES
TEMPORAIS PARA AUXÍLIO NO PLANEJAMENTO DE COMPRA DE TRIGO DE
UMA GRANDE INDÚSTRIA DE ALIMENTOS DE PERNAMBUCO.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO
POR**

GABRIELA COSTA BRANCO

Orientador: Prof. Caroline Miranda.

RECIFE, DEZEMBRO / 2009.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSIÇÃO DE APLICAÇÃO DE UM MODELO DE PREVISÃO DE SÉRIES
TEMPORAIS PARA AUXÍLIO NO PLANEJAMENTO DE COMPRA DE TRIGO DE
UMA GRANDE INDÚSTRIA DE ALIMENTOS DE PERNAMBUCO.**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – como requisito parcial para obtenção de Grau em Engenharia de Produção.

RECIFE, DEZEMBRO / 2009.

B816p

Branco, Gabriela Costa.

Proposição de aplicação de um modelo de previsão de séries temporais para auxílio no planejamento de compra de trigo de uma grande indústria de alimentos de Pernambuco / Gabriela Costa Branco. - Recife: O Autor, 2009.

vii, 57 folhas, il : figs., grafs., tabs.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia da Produção, 2009.

Inclui Bibliografia.

1. Engenharia da Produção. 2. Trigo. 3. CBOT. 4. Previsão. 5. Séries Temporais. I. Título.

UFPE

658.5

CDD (22. ed.)

BCTG/2009-249

AGRADECIMENTOS

À professora Caroline Miranda, pela ajuda e orientação.

A meus pais, meu namorado e minha irmã, pelo importante incentivo.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção, pelos conhecimentos proporcionados.

Aos meus colegas de curso por tornar o dia-a-dia da minha formação tão agradável.

RESUMO

A compra de commodities agrícolas é uma atividade bem delicada e complexa e exige uma grande atualização e conhecimento do mercado pelo comprador. Os preços das commodities são altamente voláteis e influenciados por fatores externos, trazendo um nível de incerteza grande com relação ao seu comportamento futuro, já que não se pode afirmar com certeza como estarão os preços em um determinado ano, mês ou até dia. Para uma indústria de biscoitos e massas, isto se torna ainda mais grave, uma vez que o trigo é a base da sua produção, envolvendo altíssimos valores monetários para sua aquisição, fazendo com que um erro no seu orçamento ou no momento da compra pode comprometer seriamente os resultados da empresa e até deixá-la fora do mercado. Diante destes fatos, o planejamento antecipado para a compra do trigo torna-se essencial e crítico. Faz-se necessário, então, um esforço mais acentuado para a coleta de informações para a decisão, de maneira a tornar menores os riscos na decisão final. A análise qualitativa do período e cenário econômico-financeiro global, assim como de agronegócios é de bastante valia, porém exige um grau de maturidade e experiência muito grande de seus decisores, além de englobar múltiplos aspectos, o que dificulta ainda mais. Para a obtenção de um resultado mais confiável, com bases numéricas, a análise de séries temporais pode ser de grande ajuda, sendo o ideal a utilização dessas duas técnicas combinadas. Este trabalho insere-se neste campo de estudo, uma vez que se propõe a analisar um modelo de previsão, mais especificamente de séries temporais, para o estudo do caso específico das cotações dos preços de trigo SRW (Soft Red Winter) na bolsa internacional de Chicago para o ano de 2010. A proposição dessa metodologia foi precedida por uma ampla pesquisa bibliográfica envolvendo uma introdução ao mundo das commodities e sua comercialização, com ênfase especial no objeto de estudo, o trigo. Em seguida, uma introdução ao tema de previsões e os modelos de séries temporais é feita, servindo de base para a escolha e aplicação do modelo, no caso o de decomposição multiplicativa.

Palavras-chave: Trigo, CBOT, previsão, séries temporais.

APRESENTAÇÃO

Este documento constitui o trabalho de conclusão de curso para obtenção de Grau em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), tendo sido desenvolvido no período letivo correspondente ao segundo semestre de 2009, durante os meses de agosto a dezembro do mesmo ano.

O trabalho apresenta uma aplicação de um modelo de análise de séries temporais para previsão dos preços de uma commodity agrícola (o trigo), com o objetivo de utilizar suas conclusões para um case de planejamento estratégico e fechamento de orçamento em uma indústria de alimentos de Pernambuco para o ano de 2010.

O assunto abordado será explicitado de maneira simples e serão apresentados todos os temas necessários para o total entendimento do estudo de caso desenvolvido. Vale lembrar que o tema de análise de séries temporais é bastante amplo e complexo, o qual pode ser direcionado para vários problemas e situações, o que exige uma utilização diferenciada em cada caso. Portanto, caso se deseje um aprofundamento maior no tema, é recomendável a utilização de diversas outras fontes.

A escolha do tema do projeto deu-se devido à oportunidade de contato da estudante com um trabalho de compra de commodities em uma grande indústria de alimentos e pela grande complexidade que estas compras exigem, devido ao comportamento incerto dos preços destes produtos comercializados no mercado de futuros. Além disso, o assunto é de grande aplicação prática, o que gerou uma curiosidade pessoal da aluna.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo Geral	11
1.2.2 Objetivos Específicos	11
1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA	11
 2 – BASE CONCEITUAL	 14
2.1 PREVISÃO E MODELAGEM.....	14
2.2 MODELOS DE PREVISÃO.....	16
2.2.1 Definições.	14
2.2.2 Classificação dos Modelos.....	15
2.2.3 Escolha e Considerações.....	17
2.3 SÉRIES TEMPORAIS	18
2.3.1 Conceitos e Principais Características	18
2.3.2 Análise das Séries Temporais.....	22
2.4 MODELOS DE SÉRIES TEMPORAIS OU UNIVARIADOS.....	23
2.4.1 Modelos de Decomposição	24
2.4.2 Metodologia de Aplicação	25
2.5 REVISÃO DA LITERATURA.....	26
 3 – CONTEXTO DO TRIGO E CBOT	 28
3.1 O TRIGO	28
3.1.1 Classificação dos Trigos	28
3.1.2 Estrutura do Trigo.....	31
3.2 CHICAGO BOARD OF TRADE (CBOT).....	32
3.2.1 Um Breve Histórico	32
3.2.2 Mercado de Futuros	32
3.2.3 Como Funciona.....	33
3.2.4 Participantes do Mercado	33
 4 – APLICAÇÃO DO MODELO E ANALISE DOS RESULTADOS	 35

4.1	PROBLEMÁTICA A SER TRATADA.....	35
4.1.1	Importância da Compra do Trigo.....	35
4.1.2	Modelos de Comercialização à <i>Façon</i>	36
4.1.3	Dados e Informações	38
4.2	JUSTIFICATIVA PARA ESCOLHA DO MODELO	40
4.3	RESULTADOS DAS MODELAGENS E COMPARAÇÃO DOS MODELOS ESCOLHIDOS	42
4.3.1	Alisamento Exponencial	42
4.3.2	Decomposição Multiplicativa	44
4.4	PREVISÃO A PARTIR DA DECOMPOSIÇÃO MULTIPLICATIVA.....	48
4.5	DISCUSSÃO E APLICAÇÃO DOS RESULTADOS	49
4.5.1	Análise dos Resultados	49
4.5.2	Planejamento da Compra.....	49
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	53

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Classificação das perguntas científicas.....	12
Figura 2.1	Ilustração de uma série temporal	19
Figura 2.2	Reta de tendência de um gráfico.....	21
Figura 2.3	Curvas sazonais de um gráfico	21
Figura 2.4	Variação aleatória em um gráfico.....	22
Figura 3.1	O trigo.....	28
Figura 3.2	Estrutura do trigo	31
Figura 4.1	Comparativo dos preços FOB do trigo SRW, na CBOT, ano a ano.	42
Figura 4.2	Gráfico da previsão a partir do Alisamento Exponencial Simples.	44
Figura 4.3	Gráfico da previsão a partir do Alisamento Exponencial Simples, retirando-se período crítico da crise mundial.	
Figura 4.4	Gráfico da previsão a partir do Alisamento Decomposição Multiplicativa.	45
Figura 4.5	Gráfico da previsão a partir da Decomposição Multiplicativa, retirando-se período crítico da crise mundial.	46
Figura 4.6	Gráfico dos resultados para o ano de 2010, a partir da Decomposição Multiplicativa, retirando-se período crítico da crise mundial.	48
Figura 4.7	Gráfico Comparativo dos preços FOB do trigo SRW, na CBOT, ano a ano, incluindo previsões para 2010.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Principais modelos de previsão qualitativos.....	15
Tabela 2.2	Principais modelos de previsão causais ou de regressão.....	16
Tabela 2.3	Principais modelos de previsão de séries temporais.....	24
Tabela 3.1	Classificação oficial do trigo no Brasil.....	30
Tabela 3.2	Tipificação do trigo em relação a sua qualidade no Brasil.....	30
Tabela 3.3	Classificação comercial quanto aos usos tecnológicos do trigo	30
Tabela 3.4	Composição química do trigo.....	31
Tabela 4.1	Cálculo do custo da farinha a partir do custo FOB do trigo	37
Tabela 4.2	Cálculo estimado do lead-time de entrega do trigo, a partir do seu embarque.	39
Tabela 4.3	Médias mensais do trigo SOFT na CBOT de janeiro de 2004 a novembro de 2009	41
Tabela 4.4	Resultados da previsão a partir do Alisamento Exponencial Simples.	44
Tabela 4.5	Resultados da previsão a partir do Alisamento Exponencial Simples, retirando-se período crítico da crise mundial.	
Tabela 4.6	Resultados da previsão a partir da Decomposição Multiplicativa.....	45
Tabela 4.7	Resultados da previsão a partir da Decomposição Multiplicativa, retirando-se período crítico da crise mundial.	46
Tabela 4.8	Resultados da 2ª previsão a partir do Alisamento Exponencial Simples, retirando-se período crítico da crise mundial	47
Tabela 4.9	Resultados da 3ª previsão a partir do Alisamento Exponencial Simples, retirando-se período crítico da crise mundial.	47
Tabela 4.10	Resultados para o ano de 2010, a partir da Decomposição Multiplicativa, retirando-se período crítico da crise mundial.....	48
Tabela 4.11	Pontos de compra recomendados.	51
Tabela 4.12	Orçamento estimado em dólares para a compra em 2010.....	51

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os fatores que justificam a escolha do tema de pesquisa, bem como os objetivos geral e específicos que norteiam este projeto de conclusão de curso.

1.1 Justificativa

As *commodities* são produtos de origem primária, os quais podem ser comercializados em bolsa de valores, devido a suas características serem estáveis e seguirem um padrão, independente de onde seja produzida. Apesar de cada país ter uma produção maior ou menor, ou terem produtos de maior ou pior qualidade, estes podem ser facilmente comparados e analisados. Sendo assim, a cotação de seus preços é dada em mercado aberto, cabendo a cada país oferecer aos compradores ou cobrar deles um bônus de ajuste de acordo com a realidade de cada um de oferta e demanda, qualidade e disponibilidade do produto.

Como o trigo é uma *commodity* agrícola e das mais comercializadas, seu preço fica sendo determinado pelo mercado de bolsa, ou mercado de futuros, o qual é bastante volátil e influenciado por fatores externos. A produção no setor agropecuário, por depender de fatores considerados instáveis - que vão além de fatores ambientais, fatores de oferta e demanda interna e externa e, ainda, fatores de comercialização, exerce grande influência na variabilidade do nível de preços, o que, por sua vez, impõe dificuldades no planejamento da produção e no abastecimento de mercados (TWEETEN, 1979).

Nos últimos anos esta situação está se tornando cada vez mais fora do controle dos compradores, já que a interferência de especuladores vem sendo cada vez mais constante, dado o grande retorno financeiro que estas operações podem proporcionar aos investidores e a maior permissão de entrada de pessoas com o único intuito de ganhar dinheiro e não de realmente utilizar o produto.

Neste contexto, a utilização de métodos matemáticos capazes de dar uma ideia aproximada do comportamento do preço do trigo no futuro é de grande utilidade e essencial para que a compra seja efetuada adequadamente e, consequentemente, que a empresa permaneça competitiva no mercado. Assim, o uso de modelos de séries temporais é uma boa opção e de grande relevância para as partes interessadas nessas atividades de comercialização do trigo. Segundo Bressan e Lima (2002), as políticas de avaliação e minimização dos riscos na tomada de decisão dos produtores, são ferramentas imprescindíveis no planejamento de compradores e investidores.

1.2 Objetivos

Enumera-se, nesta etapa, o objetivo geral e os objetivos específicos do projeto. A definição dos objetivos tem como intuito deixar clara a motivação deste trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste projeto é propor a utilização de modelos de análise de séries temporais para apoiar a determinação de uma estratégia de compra de uma commodity (o trigo), através da previsão estimada que estes modelos proporcionam, utilizando-os em um setor de compras especiais de uma indústria de alimentos de Pernambuco.

1.2.2 Objetivos Específicos

Tem-se como objetivos específicos:

- Identificar as principais características dos modelos de previsão e sua importância para o problema em estudo.
- Apresentar um panorama geral das características do trigo e como funciona sua comercialização.
- Conhecer a realidade, dificuldade e riscos embutidos na compra de uma commodity no mercado de futuros;
- Propor uma estratégia de compra para o trigo de uma empresa de alimentos para o ano de 2010.
- Avaliar os resultados da aplicação deste estudo para uma empresa de alimentos.

1.3 Metodologia da Pesquisa

A metodologia da pesquisa refere-se aos métodos, técnicas e procedimentos utilizados para que se possa alcançar com êxito os objetivos do estudo. Neste tópico será exposto o tipo de pesquisa utilizada e as ferramentas necessárias para a conclusão do trabalho. A classificação utilizada para a pesquisa é baseada na figura abaixo, adaptação de Bertrand e Fransoo (2002) e Silva e Menezes (2005):

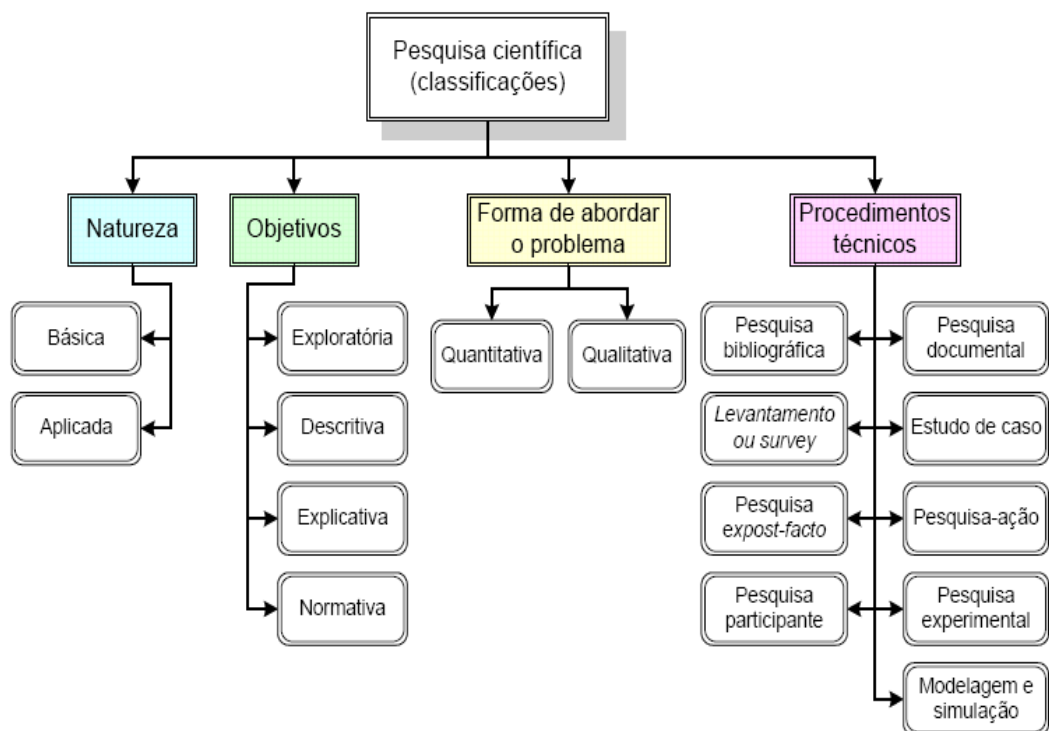


Figura 1.1 - Classificações das pesquisas científicas.

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

No geral, a metodologia de pesquisa apresenta as seguintes características:

- Quanto à natureza, a pesquisa será aplicada, pois gera conhecimentos para aplicação prática, direcionados à solução de problemas específicos, no caso, o planejamento de compra de trigo em uma indústria de alimentos.
- Quanto aos objetivos, a pesquisa aqui utilizada pode ser classificada como exploratória, já que se utiliza de um aprofundamento em um assunto para utilizá-lo em um estudo de caso. Este tipo de pesquisa tem como principais ferramentas a revisão bibliográfica e o estudo de caso.
- Pesquisa quantitativa quanto à abordagem, pois consistem em uma aplicação matemática de um modelo de séries temporais. Ou seja, as conclusões são feitas a partir de dados quantitativos e não qualitativos.
- Já os procedimentos técnicos utilizados serão estudo de caso e modelagem e simulação. A aplicação do modelo será utilizada como ferramenta para ajuda na solução do estudo de caso referido.

O trabalho é dividido em duas partes fundamentais: revisão bibliográfica e aplicação de um modelo de séries temporais para o estudo de caso. A revisão é apresentada no capítulo 2, enquanto o estudo de caso, no capítulo 3. O estudo bibliográfico foi baseado em

publicações de livros, artigos, sites especializados e materiais específicos sobre o assunto, formando a base teórica para o seu objetivo final. O mesmo apresenta-se no capítulo 2. Já o estudo de caso, foi baseado em dados cedidos pela empresa, assim como em dados dos preços históricos do trigo na CBOT (Chicago Board of Trade), coletados em um programa de monitoramento das bolsas mundiais utilizado pela empresa, o Broadcast, da Agência do Estado.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho será desenvolvido em 04 capítulos, os quais serão conduzidos de maneira lógica e de modo que sua aplicação seja entendida e analisada.

O primeiro capítulo é este que aqui se encerra e diz respeito a uma parte introdutória do trabalho. Nele serão apresentadas uma apresentação breve do assunto, justificativa e relevância do tema abordado, objetivos gerais e específicos, metodologia do trabalho e este tópico de estrutura do trabalho. Este capítulo é de caráter subjetivo e relata os tópicos sob a ótica da aluna, mas com um embasamento teórico para suas opiniões.

O segundo capítulo, por sua vez, inicia uma revisão bibliográfica do tema em questão. A idéia é que os principais aspectos da teoria sejam levantados e explanados com clareza, permitindo o entendimento de todos que desejem acompanhar o caso que será posteriormente apresentado. Ele consiste, basicamente, de um agrupamento das publicações sobre o assunto, as quais foram pesquisadas em diversos livros, artigos científicos e sites especializados.

O capítulo 3 é responsável pela explicação geral sobre o contexto do trigo, sua comercialização, a CBOT, relacionando alguns pontos válidos a serem mencionados para um melhor entendimento do próximo capítulo.

A aplicação do modelo e o estudo de caso são mostrados no quarto capítulo. Neste, utiliza-se um modelo escolhido, de acordo com o que é visto na literatura e se aplica ao caso da indústria de alimentos em questão.

O último capítulo, o quinto, responsabiliza-se pela conclusão do trabalho. Nele, o trabalho é encerrado.

2 BASE CONCEITUAL

São contempladas, neste capítulo, as bases teóricas sobre as quais este estudo de caso foi desenvolvido, contendo a citação das referências bibliográficas que servem de suporte às teorias envolvidas.

2.1 Previsão e Modelagem

Prever é conseguir dizer no presente o que se passará no futuro para um determinado evento. Logicamente, a maioria das previsões não consegue fornecer dados suficientemente seguros para representar uma verdade. Por possuir uma diferença temporal entre a previsão e o evento, dificilmente a ciência conseguirá desenvolver uma possibilidade determinística nesse campo. No entanto, cada vez mais técnicas vem se aprimorando para melhorar consideravelmente o nível de confiança dos valores obtidos.

Planejar o futuro é a essência de qualquer tipo de negócio. Segundo (MOREIRA, 2004), planejar é uma atividade comum a qualquer tipo de empresa, independentemente do tamanho ou de ramo a que se dedique. E, para planejar bem suas metas e próximas ações, os responsáveis precisam ter uma estimativa dos valores futuros das variáveis impactantes mais importantes do seu negócio. Previsão é um elemento essencial para todos os setores de uma empresa, seja ele de compras, vendas, marketing ou financeiro. As variáveis podem ser de naturezas completamente diferentes e variam cada uma de um jeito, de acordo com a situação do momento.

Sendo assim, hoje o número de modelos de previsão existentes é muito grande e cada um tem uma performance diferente dependendo dos dados que eles venha a modelar. Cada tipo de modelo funciona melhor para uma situação, de acordo com a natureza do negócio, o número de dados disponíveis, necessidade de precisão, custos, etc. Sendo assim, a escolha do modelo adequado é uma etapa crucial na acuracidade dos resultados que sua análise irá fornecer.

2.2 Modelos de Previsão

2.2.1 Definições

A idéia de utilizar um modelo matemático para descrever o comportamento de um fenômeno físico já é bem estabelecida e conhecida de todos. Sabe-se que existem muitos fatores desconhecidos que podem interferir na série temporal em estudo e que por isso, não se permite escrever um modelo determinístico capaz de calcular com exatidão o comportamento

futuro do fenômeno. No entanto, é possível derivar um modelo que calcule a probabilidade de um valor futuro estar entre dois limites específicos, através de um modelo chamado probabilístico ou estocástico.

Um modelo para previsão é, portanto, um processo estocástico, derivando em uma descrição probabilística e, cabe ao usuário decidir como utilizar este modelo de acordo com seus objetivos. Existem inúmeros modelos, cuja utilização se aplica às séries temporais, no entanto, como destaca Priestley (1979), todos os métodos de previsão são simplesmente diferentes procedimentos matemáticos e ou computacionais para calcular a mesma quantidade, no caso, a previsão de mínimos quadrados de um valor futuro a partir de combinações lineares de fatores passados. Deve-se levar em conta qual será o modelo ótimo de estimação e se o analista possui a disponibilidade de programas (softwares) adequados.

2.2.2 Classificações dos Modelos

Os modelos de previsão podem ser classificados de diversas maneiras, diferenciando-se por sua natureza, área de aplicação, objetivos, complexidade, confiança e outros inúmeros critérios. Essas classificações são de extrema ajuda para melhor compreensão do modelo e aplicação. Elas são principalmente importantes quando da decisão de qual modelo aplicar em cada ocasião.

Primeiramente, os modelos de previsão podem ser de natureza quantitativa ou qualitativa (MORETTIN & TOLOI, 1981). Os métodos qualitativos não utilizam de meios matemáticos para a estimação do valor futuro, esta é feita a partir de análises conceituais e/ou da opinião de especialistas, como os mostrados na tabela abaixo.

Modelos	Características
Painel de especialistas	Este modelo é baseado na definição de que o consenso de alguns especialistas produzirá uma previsão melhor do que a opinião de um simples especialista. A opinião de especialistas complementares produz melhores previsões.
<i>Sales force composite</i>	Método para conseguir uma média ou consenso previsto de entradas independentes de alguns vendedores que estão envolvidos com clientes e entendem suas necessidades.
Delphi	Processo iterativo em que especialistas respondem a questionários que são tabulados e modificados, resultando em conclusões.
Analogia histórica	Modelos de séries temporais que usam eventos similares com o passado. Utilizado para produtos novos e tecnologias emergentes sem dados passados.
Árvore de decisão	Usa a representação de uma árvore de relações entre metas e médias para atingir os objetivos, em que a importância de eventos e decisões é identificada. Para identificar as relações entre eventos futuros desejados e os eventos necessários a serem atingidos, a organização deve tentar controlar melhor o futuro.

Tabela 2.1 - Principais modelos de previsão qualitativos.

Fonte: Baseado em DeLurgio (1998).

Já os qualitativos são estimados matematicamente e normalmente dão resultados mais confiáveis e precisos, se utilizados corretamente. Neste trabalho, consideram-se a partir de agora apenas modelos quantitativos, já que estes são os mais utilizados nas indústrias e grandes empresas. Os modelos quantitativos, por sua vez, podem ser divididos em dois grandes grupos: métodos causais e não causais.

- Não-Causais ou séries temporais: Funcionam melhor para séries de valores caracterizadas por comportamentos típicos ou padrões (níveis, tendências e sazonalidade). Precisam de uma boa base de dados, pois a previsão é baseada apenas pelos valores passados dessa série. Parte-se do princípio que o comportamento dos valores passados por si só já ilustram bem os acontecimentos que podem influenciar o comportamento da variável.
- Causais ou de regressão: Associa tanto os valores históricos da variável estudada, quanto uma ou mais variáveis que exerçam influência direta no comportamento dos dados que não seja o tempo. Precisa-se, portanto, conhecer bem a influência da variável externa aos valores que virão.

Modelos	Características
Regressão múltipla	Usando o método dos mínimos quadrados, modela-se a relação entre uma variável dependente e muitas variáveis independentes. A partir de um ponto de vista causal, os modelos de regressão múltipla não são efetivos como os econométricos, entretanto, eles podem prever precisamente.
Econometria	As relações entre uma ou mais variáveis endógenas e ou exógenas são estimadas usando, geralmente, técnicas dos mínimos quadrados. Pequenas escalas e modelos simples são modelados por regressão múltipla; entretanto, a fundamentação teórica de modelos econométricos é muito mais rigorosa e válida. Causalidade recíproca pode ser modelada usando algumas equações simultâneas com métodos econométricos.
Método cíclico	Métodos que tentam rever pontos de retorno na economia usando indicadores principais, taxa de retorno e teorias de “ondas-longas”.
ARIMA Multivariáveis (Box-Jenkins – MARIMA)	Método que combina a força da econometria e métodos de séries temporais ARIMA. Eficiência questionável em aplicações em que os efeitos das variáveis independentes influenciam uma ou mais variáveis dependentes.
State Space	Uma aproximação que é estatisticamente equivalente aos modelos MARIMA, porém mais fácil de ser aplicada usando <i>softwares</i> de automação. Entretanto, destaca-se a complexidade da fundamentação matemática.
Vetor de auto-regressão (VAR)	Modelo VAR é uma simples aproximação que usa modelos MARIMA quando há efeito retardado de algumas variáveis independentes em algumas variáveis dependentes. Entretanto, enquanto estimar o VAR é simples, os modelos sempre têm muitos coeficientes como os modelos MARIMA
Modelo Entrada/Saída	Modelo econômico que representa as relações industriais entre as entradas e as saídas usando matrizes de influência

Tabela 2.2 - Principais modelos de previsão causais ou de regressão.

Fonte: Baseado em DeLurgio (1998).

Globalmente, os métodos de previsão podem ser divididos em duas categorias:

- Automáticos: aplicados diretamente com a utilização exclusiva de ferramentas computacionais e
- Não Automáticos: exigem a intervenção de pessoal especializado para que possam ser aplicados.

Ou, com relação ao número de parâmetros envolvidos:

- Modelos paramétricos: número de parâmetros finito. A análise é feita no domínio do tempo. Podemos citar como exemplo alguns modelos tipicamente utilizados como:
 - Modelos de regressão, modelos auto-regressivos e de médias móveis (ARMA);
 - Modelos auto-regressivos integrados e de médias móveis (ARIMA);
 - Modelos de memória longa (ARFIMA);
 - Modelos estruturais;
 - Modelos não-lineares.
- Modelos não paramétricos: número infinito de parâmetros. Modelos não-paramétricos mais utilizados:
 - Função de auto-covariância (auto-correlação);
 - Espectro, que é a transformada de Fourier da função acima.

2.2.3 Escolha e Considerações

Para a utilização de modelos para descrever séries temporais, algumas suposições devem ser introduzidas, de maneira a simplificar a análise de determinadas classes de processos estocásticos. Algumas decisões a serem tomadas para a modelagem é na escolha entre os seguintes itens:

- Processos estacionários ou não-estacionários: de acordo com a dependência ou não relativamente à origem dos tempos;
- Processos normais (gaussianos) ou não: a partir das funções diferenciais parciais que caracterizam os processos;
- Processos Markovianos ou Não-Markovianos: de acordo com a independência dos valores do processo em relação a seus valores precedentes.

Para este trabalho a metodologia a ser utilizada será de um modelo quantitativo univariado, ou seja, de séries temporais. Isto acontece porque os preços do trigo podem ser estimados por seus dados históricos, pois eles apresentam tendência e sazonalidades bem representativas. Além disso, para GRANGER & NEWBOLD (1986), mesmo que o conjunto de informações relativo ao comportamento de uma variável econômica qualquer não se restrinja somente ao comportamento passado da variável em si, os modelos de previsão univariados são importantes na medida em que:

- Têm aplicação imediata e de baixo custo, que é relacionado ao tempo de elaboração do modelo e do erro de previsão associado ao mesmo;
- Informações externas à série podem ser de difícil obtenção ou incorrem em um custo elevado;
- As previsões obtidas podem ser utilizadas em combinação com outras de modo a produzir uma previsão otimizada;
- Tem-se a possibilidade de determinar em que medida a oscilação da variável é explicada por seu comportamento passado, dando uma idéia mais clara do padrão de comportamento da série e da necessidade de se considerar fatores externos na sua interpretação;
- Para a maioria das séries de tempo em economia, a informação contida nas mesmas é de grande importância, embora tal fato seja desconsiderado nas abordagens mais tradicionais envolvendo previsões econômicas, que buscam na verdade estabelecer relações de causa e efeito.

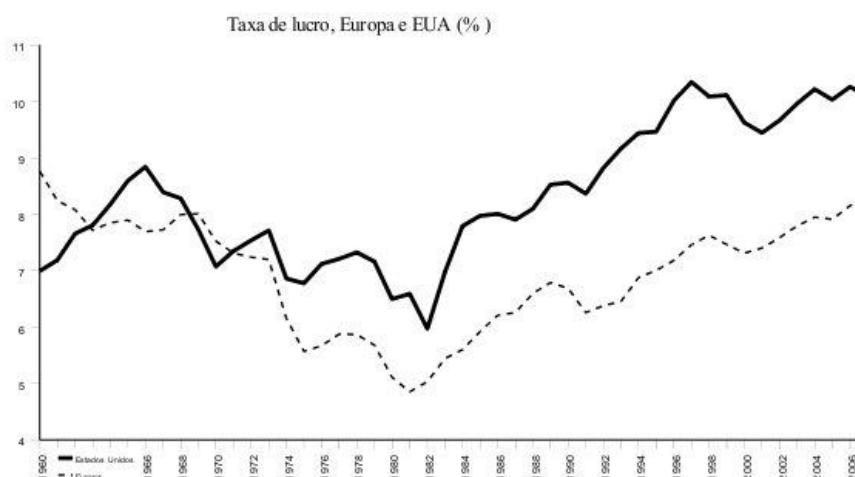
As razões acima, somadas ao fato de que o comportamento do trigo pode apresentar relação de variação com diversas variáveis externas, sem que, no entanto, consiga-se uma descrição exata do comportamento relacionado a algumas variáveis específicas, torna a utilização de modelos de séries temporais bem mais lógicos do que os modelos de regressão. Este segundo tipo poderia tornar o trabalho muito complexo e dispendioso.

2.3 Séries Temporais

2.3.1 Conceitos e Principais Características

Série temporal é uma seqüência de observações seqüenciadas no tempo (Reinsel & all, 1994). Segundo Spiegel (1970), uma série temporal é um conjunto de observações tomadas

em tempos determinados, comumente em intervalos iguais. Podemos concluir, portanto, que o que realmente define uma série temporal é o caráter dependente do tempo, ou seja, todos os seus valores são atrelados a um determinado ponto no tempo, seja este regular ou não. O comportamento das variáveis se dá a partir de observações periódicas ou contínuas, sempre sendo confrontadas com uma unidade temporal, podendo ser qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo (MORETTIN, 2004).



*Figura 2.1 – Ilustração de uma série temporal:
Taxa de lucro percentual nos EUA e Europa entre 1960 e 2007.*

Exemplos de séries temporais são muito comuns no dia-a-dia, e comumente utilizadas em situações simples do cotidiano a problemas profissionais mais complexos. Pode-se citar apenas como ilustração a evolução do PIB do Brasil ao longo dos anos, a cotação de uma determinada ação na bolsa de valores, a evolução da temperatura do planeta, comportamento dos preços das commodities no mercado de futuros, etc. Assim, tem-se uma idéia da importância e da grande utilidade que o estudo das séries temporais podem trazer em certas circunstâncias, podendo estas serem aplicadas em diversos ramos como os de negócios, economia, engenharia, ciências naturais (especialmente na meteorologia) e ciências sociais.

Globalmente as séries temporais podem ser divididas em contínuas e discretas. As séries contínuas são aquelas que possuem valores que são captados continuamente, como o registro de marés no porto de Suape, por exemplo. No caso das discretas, elas são formadas por valores dados em intervalos de tempo e representa a maioria das séries temporais. Vale salientar que muitas vezes, uma série temporal discreta é obtida através da amostragem de uma série temporal contínua em intervalos de tempos iguais. Como destaca Morettin, (2004),

para analisar a série contínua será necessário, portanto, amostrá-la em intervalos de tempo pré-determinados (horas, por exemplo), convertendo a série contínua, observada em um determinado intervalo para uma série discreta com N pontos.

A maneira mais comum de representação ilustrativa das séries temporais é através de gráficos e estes sempre relacionam então variáveis contínuas ou discretas confrontadas com o eixo das abscissas dado por uma unidade temporal. Matematicamente, uma série temporal é definida por valores de Y ($Y_1, Y_2, Y_3, \dots$) nos tempos t ($t_1, t_2, t_3, \dots$). Portanto, Y é uma função de t simbolizada por $Y = F(t)$.

Um dos conceitos fundamentais de séries temporais e de onde vem a maior explicação para a importância do estudo desse tipo de série é que o comportamento da série no tempo normalmente não é simplesmente aleatório. O movimento apresentado no gráfico certamente aconteceu por algum motivo maior, o qual pode ser provocado por forças físicas, combinação de forças econômicas, sociológicas, financeiras, psicológicas ou outras. Por exemplo, uma queda brusca em uma determinada ação, é representada no gráfico, o qual estará englobando o impacto de alguma notícia negativa da empresa em questão ou a queda na confiança do investidor naquele papel. Sendo assim, a análise de uma série temporal pode ser bastante segura ao passo que representa um conjunto de fatores qualitativos em números.

De acordo com Spiegel (1970), experiências realizadas com muitos exemplos de séries temporais revelaram certos movimentos ou variações características, as quais se apresentam com maior ou menor intensidade dependendo da série e do modo como esta é influenciada por fatores externos. E é exatamente a análise desses movimentos que torna viável uma previsão de valores futuros desta série. Sendo assim, este assunto torna-se muito interessante para diversos tipos de instituições, sendo estas públicas ou privadas.

Na literatura, os movimentos das séries temporais são mais comumente divididos em quatro categorias principais, as quais são consideradas verdadeiros elementos componentes das séries. São elas:

- **Tendências ou movimentos de longo prazo:** Referem-se à direção geral que o gráfico da série temporal gera em um universo de tempo relativamente longo. Essa tendência pode ser dada por diversas curvas, de acordo com o gráfico e com a acurácia que se espera no estudo, podendo esta ser definida por uma reta ou por métodos mais complexos como o de mínimos quadrados e os polinomiais.

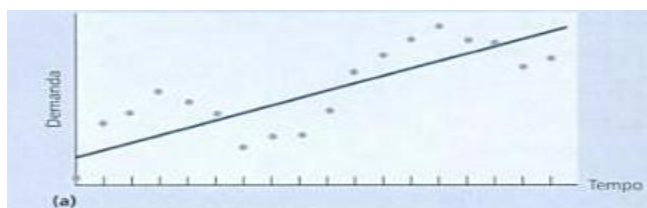


Figura 2.2 – Reta de tendência de um gráfico.

Fonte: Slack (2008).

- **Variações condicionais ou movimentos cíclicos:** Dizem respeito às oscilações que as variáveis sofrem em torno da reta ou curva de tendência. Os ciclos podem ou não ocorrer segundo intervalo de tempos iguais, mas representam um comportamento de oscilação que pode ser visto recorrentemente no gráfico, representando uma variação que se esperará em dadas circunstâncias.

- **Variações por estações ou sazonalidade:** Referem-se a padrões de comportamento muito parecidos ou idênticos que uma série temporal específica parece obedecer de tempos em tempos. O mais normal é a análise de sazonalidades anuais, influenciados por algum evento que ocorre especificamente em alguns dias ou meses do ano, mas estas repetições de comportamento podem ocorrer em períodos inferiores ou superiores, dependendo da série. É bom, no entanto, que se saiba a causa qualitativa desta sazonalidade para que a modelagem seja o mais fiel possível à realidade.

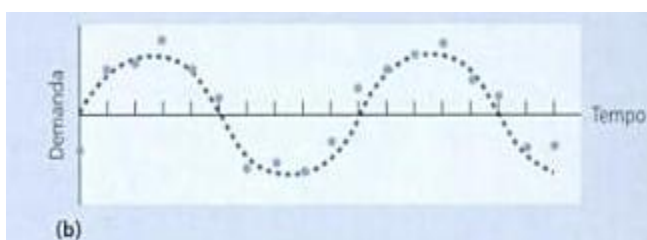


Figura 2.3 – Curvas sazonais em um gráfico de demanda.

Fonte: Slack (2008).

- **Pontos atípicos ou movimentos aleatórios:** Representam alguns deslocamentos esporádicos das séries temporais, provocados por eventos casuais como uma crise mundial, greves, eleições, temporais, dentre outros fatores imprevisíveis e atípicos. Embora eles sejam pontuais ou temporários em um curto período de tempo, algumas vezes, dependendo da intensidade do evento, outros movimentos podem incorrer desses fatos, influenciando fortemente os valores assumidos pela série no futuro.

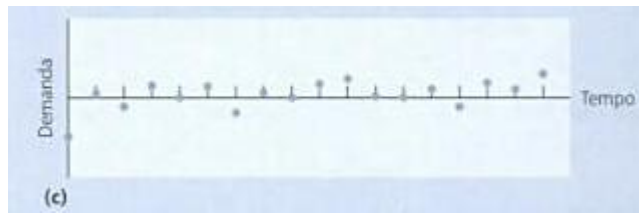


Figura 2.4 – Variação aleatória em um gráfico.

Fonte: Slack (2008).

Uma das suposições mais frequentes que se faz com relação a uma série temporal é a de que ela é estacionária, ou seja, ela se desenvolve no tempo aleatoriamente ao redor de uma média constante, refletindo alguma forma de equilíbrio estável. No entanto, a maioria das séries que encontramos na prática apresenta alguma forma de não-estacionariedade. Alguns modelos conseguem descrever satisfatoriamente séries estacionárias ou não, contanto que a não-estacionariedade seja homogênea, flutuando ao redor de um nível durante um tempo e depois passando a flutuar em outro nível e assim por diante. (MORETTIN, 2004).

Visto os conceitos relacionados às séries temporais, assim como a importância e possibilidades de aplicação deste tema na prática, o tema mostra-se bastante promissor e de grande diferencial para os profissionais que dominem esta prática. Faz-se necessário para prosseguir com o estudo, então, uma abordagem mais específica sobre a análise dessas séries, a qual será apresentada a seguir.

2.3.2 Análise das Séries Temporais

A análise de séries temporais nada mais é do que o estudo das séries temporais. Este estudo na maioria das vezes é baseado em dados e modelos matemáticos, os quais serão utilizados de maneira a conseguir identificar uma lógica no comportamento das variáveis em seu gráfico ao longo do tempo. Sendo assim, uma das maiores utilidades da análise de séries temporais é a possibilidade de se prever valores futuros para a série estudada, sem que estes valores sejam dados de maneira simplesmente intuitiva. Uma previsão adequada deve dar suporte a uma decisão minimizadora de risco por parte dos tomadores de decisão (HARRISON e STEVENS, 1976).

O uso dos modelos de séries temporais podem ser utilizados, no entanto, com diferentes e diversos propósitos, tendo como principais objetivos gerais, os seguintes:

- **Investigar o mecanismo gerador da série temporal:** aqui a preocupação é apenas a de identificar as causas que causaram aquele comportamento.

- **Fazer previsões de valores futuros da série:** estas previsões podem ser de curto ou longo prazo. É importante ressaltar aqui que existem níveis de riscos associados a uma previsão, mesmo que estas tenham sido chegadas depois de muita análise e de modelos elaborados. No entanto, esse risco é variável e cabe ao manipulador decidir em quais níveis de risco deseja operar. Quanto mais informações forem contempladas e mais perto for o horizonte de tempo, menores serão os riscos associados.
- **Descrever o comportamento da série:** muito comum para descobrir a influência que um gráfico pode sofrer com a variação de uma variável externa que tenha forte correlação com a série temporal. Neste caso é importante a construção do gráfico, verificação de tendências, ciclos, variações sazonais e aleatórias, assim como construção de histogramas e diagramas de dispersão podem ser de grande valia.
- **Desenhar um controle simples do esquema gráfico da série:** a partir da aplicação de modelos, torna-se possível o controle de uma série temporal a níveis desejados. Tenta-se fazer uma compensação entre os fatores externos influentes para se manter a série a níveis desejados ao longo do tempo. Isto só é possível, quando o agente do estudo tem total controle sobre as variações dos aspectos relacionados e sabe bem prever suas relações com a série. Este tipo de estudo é mais comum, portanto, para fins científicos ou laboratoriais.

O estudo das séries temporais e sua análise são possíveis, pois um dos fatores intrínsecos às séries é que, tipicamente, as observações adjacentes são mutuamente dependentes. A natureza dessa dependência ao longo das observações de uma série temporal torna-se, então, de considerável interesse prático e a análise deve ser baseada nas técnicas para análise dessas dependências. Para isso, necessita-se do desenvolvimento de modelos estocásticos e dinâmicos para os dados das séries, utilizando-os em importantes áreas de aplicação.

2.4 Modelos de Série Temporal ou Univariados

Existem diversos modelos de previsão baseados nos conceitos de séries temporais, contudo, os principais e mais utilizados na literatura são os seguintes:

Modelos	Características
Médias móveis	Suavização de séries temporais usando médias móveis, reduz, período por período, a variação, mas, as marcas locais movimentam acima e abaixo da média em longos períodos de média.
Alisamento exponencial <i>Holts-Winters</i>	As séries temporais são suavizadas por observações recentes, as quais recebem maior peso. Métodos avançados incluem tendência e sazonalidade por decomposição.
Decomposição clássica <i>Census</i> II X-11	Método que decompõe sistematicamente uma série temporal em tendência, ciclo, sazonalidade e componentes de erro. Usado para retirar a sazonalidade de dados econômicos.
Séries <i>Fourier</i>	Método que modela tendência, sazonalidade e movimentos cíclicos, usando trigonometria e função seno e co-seno. É um método usado em sistemas de previsão automatizados.
ARIMA (<i>Box-Jenkins</i>)	Método que modela séries usando tendência, sazonalidade e coeficientes de suavização que são baseados em médias móveis, auto-regressão e diferença de equações.
Métodos de simulação multimodelos	Conjunto de métodos heurísticos que podem ser usados para fazer previsões. Intuitivamente atraente e supostamente preciso na modelagem de muitas séries, é popularmente conhecido como foco da previsão.

Tabela 2.3 – Principais modelos de previsão de séries temporais.

Fonte: Baseado em DeLurgio (1998.)

2.4.1 Modelos de Decomposição

Os modelos de decomposição são modelos clássicos de séries temporais por identificar os quatro elementos básicos de uma série, citados anteriormente neste texto. O interessado deve tentar decompor a série em estudo nos quatro componentes (tendencial, estacional ou sazonal, cíclica e aleatória), de maneira a ter um controle maior da força ou temporalidade de um comportamento específico.

Baseado nesta última definição, Spiegel (1970) apresenta um modelo de análise que baseia-se na superposição desses quatro elementos, através da criação de um modelo multiplicativo. Admitindo-se que a variável Y (dependente do tempo) da série temporal é um produto das variáveis T (tendência), C (cíclica), S (sazonais) e I (irregulares), a equação representativa é simbolizada da seguinte forma:

$$Y = T \times C \times S \times I = TCSI$$

Deve-se mencionar que alguns estudiosos e estatísticos preferem considerar Y como a soma $T + C + S + I$ das variáveis básicas envolvidas e não uma multiplicação como mostrado acima. Os processos são análogos e cabe ao analista decidir qual o melhor método a adotar em cada caso.

2.4.2 Metodologia de Aplicação

Muitas vezes a análise de séries temporais é associada a termos econômicos, sendo esta confundida com o processo econométrico. Neste último, o analista se baseia fortemente na teoria econômica para construir um modelo, incluindo muitas variáveis, enquanto que no segundo não há esta limitação, os dados são os únicos fatores levados em conta na análise, sem recorrer a uma teoria subjacente. Na abordagem sobre os modelos apresentada mais a frente, a metodologia considerada será aos processos puros de séries temporais.

Para uma análise estruturada e bem-sucedida, Spiegel (1970) descreve sete passos básicos, os quais devem ser realizados quando da necessidade de previsão em uma série temporal. São eles:

1. Assegurar a coleta de dados fidedignos, tendo sempre em mente a finalidade da análise;
2. Representar graficamente a série temporal, assinalando qualitativamente a presença da tendência de longo prazo e as variáveis cíclicas e por estações;
3. Construir a curva ou reta de tendência e obter seus valores adequados, através da utilização do modelo escolhido, podendo este ser intuitivo, das médias móveis, semi-médias ou método dos mínimos quadrados;
4. Quando cabível, obter um índice por estação e ajustar os dados àquelas variações, ou seja, desestacionalizar os dados.
5. Ajustar os dados desestacionalizados à tendência. A partir daí, remover variações cíclicas e aleatórias a partir da utilização de uma média móvel de 3, 5 ou 7 meses.
6. Representar graficamente as variações cíclicas obtidas na etapa anterior, anotando quaisquer periodicidades que possam ocorrer.
7. Mediante a combinação dos resultados das etapas de 1 a 6, e utilizando qualquer outra informação disponível, fazer uma previsão e discutir os erros posteriormente, se possível.

2.5 Revisão da Literatura

Analisando-se os estudos e publicações sobre o tema de modelos de previsão, vê-se a presença de poucos trabalhos englobando problemas ou exemplos relacionados ao trigo. Como o tema é de grande aplicação na prática, os artigos e periódicos se mostram bem

ecléticos, atingindo casos em diversos setores, como no marketing com a previsão de demanda, no setor de energia, siderúrgico, estimação de produção, etc. No caso das commodities, o tema também se apresenta em vários aspectos, sendo mais facilmente encontrados trabalhos referentes à soja e a metais, os quais podem ser de grande valia para a comparação com a aplicação para o trigo, já que estes produtos apresentam fatores comportamentais bem parecidos.

Em Arêdes & Pereira (2008), discute-se a potencialidade da utilização de modelos de séries temporais na previsão do preço do trigo no estado do Paraná. Ele testa o uso de 04 modelos de previsão de séries temporais: ARIMA, SARIMA, ARCH, GARCH E TARCH, sendo todos eles de metodologia parecida, apresentando variações na modelagem e aplicação. Apesar de teoricamente os modelos ARCH, GARCH e TARCH serem os mais indicados para estimações e previsões de preços, pois podem modelar a variância condicional, ao contrário do ARIMA e SARIMA que pressupõem uma variância constante ao longo do tempo, todos os modelos apresentarem boas aproximações da realidade. O resultado foi mostrado através de um indicador de erro percentual de previsão, o qual foi bastante baixo em todos os casos.

Já no trabalho de Pacheco & Silva (2003) é realizada uma análise de previsão para as commodities soja e açúcar, comparando os resultados modelados com a estratégia seguida pela empresa. Este caso buscou utilizar modelos mais simples e de fácil entendimento, o modelo de decomposição de séries temporais e o alisamento exponencial de Winters. Os modelos apresentaram resultados bastante superiores ao plano anual da empresa. Ele salienta, no entanto que informações não consideradas nos dados históricos devem ser consideradas à posteriori, melhorando as previsões fornecidas pelos modelos quantitativos.

Há uma comparação dos modelos mais simples, de média móvel com o de alisamento exponencial simples para a previsão do índice IBOVESPA, realizada por Albuquerque et al (2008). Neste caso, ambos os modelos também parecem dar uma boa noção para o futuro, apresentando, no entanto, um pequeno atraso. Para as médias móveis, percebeu-se que com janelas de média menores, as previsões se aproximam mais do resultado real. Já para o método de alisamento exponencial pode-se afirmar que constantes de alisamento mais próximas de 1 apresentam previsões com erros menores.

Já na comparação entre os modelos ARIMA, modelos lineares e de redes neurais apresentado em BRESSAN (2004), pode-se concluir que, o modelo com melhor desempenho simulado nos três mercados é o ARIMA que, em função de sua rápida adaptabilidade e estrutura parcimoniosa. Os Modelos Lineares Dinâmicos também apresentam desempenho satisfatório, porém de menor performance, enquanto os modelos de Redes Neurais Artificiais

captam certa precisão as reversões de tendência nos mercados, porém parecem não atuar tão bem em cenários de alta volatilidade.

Assim, a partir da revisão bibliográfica do assunto e a discussão do tema no meio científico, é notável que o modelo que se aplica mais constantemente com sucesso em processos de previsão de preços ditados pelo mercado é o ARIMA. No entanto, outros modelos também mostram resultados bem satisfatórios e servem de ótima base para a situação futura de uma determinada variável. Modelos mais simples podem, portanto, também ser utilizados de maneira a guiar um decisor sem que seja de forma exclusivamente qualitativa ou intuitiva. Fica claro então que os modelos de séries temporais podem ser satisfatoriamente utilizados para previsão, mesmo que com metodologias simples e limitadas. Podendo esta ser aprimorada com modelos mais completos como o ARIMA e suas evoluções (SARIMA, ARCH, GARCH E TARCH, por exemplo).

3 CONTEXTO DO TRIGO E CBOT

Neste capítulo são feitas, primeiramente, considerações gerais sobre o trigo, incluindo suas principais características e classificações. Em seguida, apresentam-se a CBOT e seu modelo de comercialização de commodities.

3.1 O Trigo

O trigo é uma gramínea do gênero *Triticum*, que contém algo como 30 tipos geneticamente diferenciados, dentre os quais apenas três são produzidos comercialmente, o *Aestivum Vulgaris*, o *Turgidum Durum* e o *Compactum*. O *Durum* é utilizado na produção de macarrão e outras massas, o *Compactum* é um trigo de baixo teor de glúten, produzido em pequena proporção, utilizado para fabricar biscoitos suaves, enquanto que o *Aestivum* é responsável por mais de quatro quintos da produção mundial, por ser o adequado a panificação (Bunge Alimentos – Acesso em 18 de novembro).



Figura 3.1 – O trigo.

Fonte: Internet.

3.1.1 Classificação dos Trigos

O trigo pode ser classificado de várias maneiras, entretanto, para fins comerciais, ela baseia-se principalmente em três quesitos: textura ou dureza do grão, cor e estação de plantio ou colheita (CARVALHO, 2009).

1) Dureza: quantidade e características da proteína do trigo.

- Durum (11-15% de proteína): Trigo de elevado teor protéico, extremamente tenaz, de grãos relativamente grandes e com endosperma compacto e vítreo, indicadas à produção de massas.
- Duro ou Hard (9,5%-15%): Apresenta considerável tenacidade no grão, que contém endosperma vítreo, possuem alto teor de glúten, e é excelente para panificação. Atualmente a produção de trigo vem aumentando juntamente com a melhoria da qualidade dos grãos produzidos.
- Semi-duro: Aqui no Brasil existe também um tipo chamado semi-duro, o qual é um intermediário entre o duro e o mole e é produzido basicamente no Paraná. Possuem quantidades medianas de glúten, de força mediana e levemente extensível. É utilizado em diversos segmentos como panificação, biscoitos fermentados etc.
- Moles ou Soft (8 a 11,5%): Trigo do grão farináceo, com baixa tenacidade e baixo teor de glúten, é ideal para a produção de biscoitos. Na região gaúcha e parte de Santa Catarina é onde encontramos as maiores quantidades de trigos Soft nacional, mas não apresentam a mesma qualidade do Soft americano.

2) Cor: cor aparente do grão do trigo puro.

- Branco
- Vermelho

Os trigos vermelhos são mais comuns que os brancos e alguns ainda dão classificações intermediárias entre o branco e vermelho, porém não se faz necessário aqui, já que a cor não diz muito sobre a qualidade do trigo, apenas da sua região produtora e de em que época foi plantado.

3) Estação de plantio ou colheita:

- Inverno: Trigo semeado no inverno. Este é o tipo cultivado aqui no Brasil por condições climáticas.
- Primavera: Trigo semeado na primavera, normalmente são considerados de maior qualidade, sendo providos de mais proteína que os de inverno. Isto se deve ao fato de serem semeados em países que possuem clima mais propício ao cultivo do trigo, como Estados Unidos e Egito.

No Brasil, a classificação segue a instrução normativa nº7, de 15 de agosto de 2001, do M.A.A, como a seguir:

Classe	Alveografia (10^4 J) mínimo	Número de Queda (segundos) mínimo
Trigo Brando	50	200
Trigo Pão	180	200
Trigo Melhorador	300	250
Trigo para outros usos	Qualquer	<200
Trigo Durum	-	250

Tabela 3.1 – Classificação oficial do trigo no Brasil

Fonte: Abitrito.

Tipificação do trigo segundo Instrução Normativa nº 7 de 15 de agosto de 2001:

Tipo	Peso do hectolitro (kg/hL) (% mín.)	Umidade (% máx.)	Matérias estranhas e impurezas (% máx.)	Grãos avariados		
				Grãos danificados por insetos (% máx.)	Pelo calor, mofados e ardidos (% máx.)	Chochos, trigulhos e quebrados (% máx.)
1	78	13	1,00	0,50	0,50	1,50
2	75	13	1,50	1,00	1,00	2,50
3	70	13	2,00	1,50	2,00	5,00

Tabela 3.2 – Tipificação do trigo em relação a sua qualidade no Brasil.

Fonte: Embrapa.

A classificação comercial estima a aptidão tecnológica do trigo. Na tabela a seguir são indicados usos tecnológicos do trigo, por produto, baseados nos valores de força geral de glúten (W), de relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e de número de queda (NQ):

Produto	W ¹ (10^{-4} J)	P/L ²	Número de Queda (em segundos)
Bolo	50-150	0,40-1,00	>150
Biscoitos	50-150	0,40-1,00	>150
Cracker	250-350	0,70-1,50	225-275
Pão francês	180-250	0,50-1,20	200-300
Uso doméstico	150-220	0,50-1,00	200-300
Pão de forma	220-300	0,50-1,20	200-300
Massas alimentícias	>200	1,00-3,00	>250

Tabela 3.3 – Classificação comercial quanto aos usos tecnológicos do trigo.

Fonte: Embrapa.

3.1.2 Estrutura do Trigo

O trigo divide-se em três partes bem definidas: endosperma, casca e gérmen.

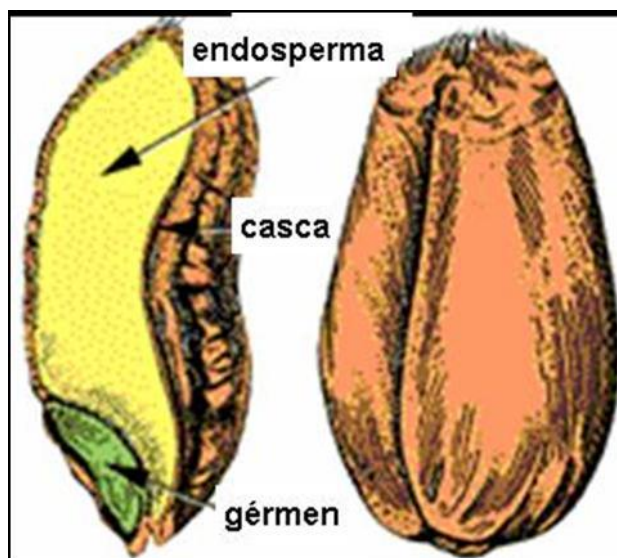


Figura 3.2 – Estrutura do trigo.

Fonte: Carvalho (2009).

- **Gérmen:** representa 2 a 3% do grão apenas. Pode ser considerado o embrião da semente, pois é a base de origem de uma nova planta. Bastante rico em gordura e vitaminas, é separado da farinha no processo de moagem.
- **Casca:** Membrana de permeabilidade seletiva, composta de várias camadas que protegem a parte interna do grão. Soma 13 a 16% do cereal. Ela é quem dá origem ao farelo, quando é separada no processo de moagem da farinha de trigo.
- **Endosperma:** Representa a grande maioria do grão (82 a 84%), sendo ele a principal parte na moagem e o que efetivamente será transformado em farinha. A quantidade e qualidade de seus constituintes impõem características marcantes ao produto final. Ele é formado basicamente por amido e possui bastante água em sua composição.

UMIDADE	PROTEÍNA	CINZAS	CARBOIDRATOS	GORDURA	
GRÃOS	11-14	09-14	1,6-2,0	69-70	1,8-2,5
ENDOSPERMA	12-18	08-14	0,3-0,5	64-80	0,6-1,3
FARELO	10-16	10-04	5,0-10,0	40-51	3,8-4,5
GERMEN	09-12	17-35	4,0-5,0	45-50	5,0-18

Tabela 3.4 – Composição química do trigo.

Fonte: Abitrigo.

3.2 Chicago Board of Trade (CBOT)

3.2.1 Um Breve Histórico

A internacionalmente conhecida bolsa de Chicago foi fundada em 1848 por um grupo de comerciantes que procuravam soluções inovadoras para centralizar as negociações de grãos. Nela era permitido, através de contratos a termo, especificar a entrega de uma determinada mercadoria a um preço e data predeterminados pelos compradores e vendedores mutuamente.

Em 1865, a CBOT formalizou a negociação de grãos com a elaboração de contratos padronizados denominados contratos de futuros. Estes, ao contrário dos contratos a termo, foram padronizados quanto a qualidade, quantidade, data e local de entrega da mercadoria negociada. A única variável era o preço, ao qual se chegava por meio de um processo parecido com o de um leilão na sala de negociações de uma bolsa organizada. Não muito depois, o sistema de margens da bolsa foi estabelecido para evitar que os clientes não cumprissem suas obrigações contratuais.

Desde os primeiros anos, a bolsa cresceu em variedade e quantidade de contratos negociados. Ela oferece uma série completa de contratos de produtos agrícolas: futuros de milho, trigo, aveia, arroz, soja, óleo de soja e farelo de soja, assim como opções sobre esses contratos. Em meados de 1970, a CBOT entrou na arena de negociações financeiras, as quais hoje representam 80% do volume de suas negociações e incluem opções e futuros das obrigações do tesouro dos EUA e opções e futuros da Dow Jones Industrial Average da CBOT.

O espírito revolucionador de antes continua a orientar esta bolsa de Chicago atualmente. Novos contratos, evolução tecnológica, novos sistemas de negociações e inovações do mercado estão sempre em primeiro plano no trabalho da CBOT. Até porque ela precisa estar ativa em uma economia mundial em constante mudança.

3.2.2 Mercado de Futuros

Um contrato de futuro é um compromisso de fazer ou receber uma entrega de uma determinada mercadoria, em quantidade e qualidade específicas, em um local e data futura predeterminados. Todos os termos do contrato são padronizados e estabelecidos antecipadamente, com exceção do preço, que é determinado em um pregão a viva voz em um posto na sala de negociações de uma bolsa de mercadorias regulamentada, ou através de um sistema eletrônico de negociações, hoje mais amplamente utilizado.

Todos os contratos são definitivamente concluídos através de liquidação, por operações opostas de compra e venda ou pela entrega efetiva da mercadoria física. A transação de

operação oposta é o método usado mais freqüentemente para liquidar um contratos de futuros; a entrega propriamente dita costuma ocorrer em menos de 1% de todos os contratos negociados.

3.2.3 Como Funciona

O objetivo principal de uma bolsa de futuros é reunir compradores e vendedores, além de estabelecer e fazer cumprir as regras para assegurar que as negociações sejam feitas em um ambiente aberto e competitivo. Todas as negociações devem ser feitas por um membro da bolsa, portanto, quem não for membro deverá participar através de um corretor de mercadorias. O corretor passa a sua ordem a um membro da bolsa que, por sua vez, a executará em seu nome.

O preço de futuros é estabelecido para contratos com data de vencimento e reflete as expectativas de preço de compradores e vendedores no momento da entrega. Assim, os preços agem de certa forma como um equilíbrio entre produção e consumo. No entanto, estes são muito variáveis e não conseguem servir como uma base de previsão para o futuro. Os preços de futuros ajustam-se para refletir informações adicionais sobre oferta e demanda, à medida em que essas informações vão de tornando disponíveis. Por isso, quanto mais longe for o horizonte de tempo, mais altos estarão sendo cotados os preços, já que se acrescenta aos preços um fator de risco naturalmente precificado pelo mercado.

É importante salientar que a CBOT não participa de maneira alguma no processo de difusão de preços. Ela não é compradora, nem vendedora de contratos de futuros, de modo que não desempenha nenhum papel, nem de interesse algum, na baixa ou na alta de preços, em nenhum momento. O papel da bolsa é simplesmente o de proporcionar um local de mercado centralizado, onde as variáveis formadoras do preço do mundo inteiro se reúnem para determiná-los.

3.2.4 Participantes do Mercado

Os participantes do mercado de futuros estão divididos em duas categorias: *hedgers* e especuladores. As bolsas existem fundamentalmente para operações de *hedge*, ou seja, operações cujo objetivo é o de gerenciamento de risco de preços inerente à propriedade e transação de mercadorias.

- *Hedgers*: A palavra hedge significa proteção. Hedge, para o mercado de futuros, é um investimento compensatório que envolve uma posição no mercado de futuros, oposta à posição no mercado à vista. Dessa forma, qualquer perda ocorrida no mercado à vista

será, a grosso modo, compensada ou contrabalanceada pelo mercado de futuros. Exemplos de hedgers: fazendeiros, comerciantes, operadores de silos, processadores e pecuaristas, exportadores e importadores.

- Especuladores: Existem por permitir a existência das operações de hedge proporcionando liquidez (capacidade de entrar e sair do mercado facilmente e com rapidez), já que o número de indivíduos e empresas que procuram proteção de alta em qualquer momento dificilmente será igual aos que desejam uma proteção contra uma baixa. O que os motiva é a oportunidade de obtenção de grandes lucros, se estiverem corretos quanto às suas previsões de direção e momento de mudanças de preços.

4 APLICAÇÃO DO MODELO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A aplicação do tema se dará, portanto, em um estudo de caso real de planejamento da compra de trigo pelo setor de Commodities de uma grande empresa de alimentos de Pernambuco. Primeiramente será dada uma pequena introdução à empresa, ao produto e seu sistema de comercialização. Logo após serão explicitados os dados utilizados para a resolução do caso, justificativa da escolha do modelo, aplicação matemática propriamente dita e discussão dos resultados.

4.1 Problemática a ser Tratada

4.1.1 Importância da Compra do Trigo para a Empresa

O presente estudo trata de uma análise para ajudar no planejamento estratégico de compra de trigo do ano de 2010 para a empresa anteriormente apresentada. Aqui, será apresentado o contexto geral da problemática a ser tratada, no caso, referente à compra da principal matéria-prima da indústria.

Primeiramente, é válido mencionar a importância de uma boa estratégia de compra do trigo para esta empresa. A maior parcela de custos da empresa é decorrente da aquisição de suas matérias-primas e, dentro destas, o trigo representa cerca de 90% deste custo principal. Logo, uma boa estratégia na compra dos trigos está diretamente associada ao sucesso da empresa e ao seu lucro. Assim como o contrário também é válido, mesmo que a empresa trabalhe bem em todos outros segmentos, uma compra errada pode fadar a empresa ao fracasso.

Além disso, a única variável aqui influente não é o preço do trigo em si. Também é fundamental que haja um acerto nos volumes de compra, e uma preocupação em adequar-se a estratégia para uma redução também de custos operacionais. Deve-se considerar, portanto, um lote padrão de compra, o qual seja grande o suficiente para reduzir os custos operacionais e de transporte e ao mesmo tempo não represente um custo não compensatório de estoques ou que atrapalhe a compra em um período de baixa, por exemplo, elevando assim os riscos associados a este tipo de operação.

Outro aspecto relevante é com relação ao lead-time do produto. Para grãos, os meios de transporte mais utilizados para distâncias maiores são o ferroviário e o marítimo. Como a compra referida neste trabalho é de trigo norte-americano, o transporte do trigo deste tipo nessas circunstâncias não tem outra opção viável, se não por vias marítimas. E, como se sabe, o transporte marítimo é demorado e bastante vulnerável a atrasos e complicações, tornando essencial um planejamento estruturado da data de saída do navio para que a farinha necessária

chegue a tempo de recompor os estoques da indústria e, como abordado anteriormente, sem atrasos e nem grandes antecedenças, uma vez que ambas as situações representam perdas econômicas para a empresa.

Sabendo-se da importância da farinha de trigo para uma indústria de massas e biscoitos e do tamanho das perdas que uma falta de matéria-prima pode gerar, é mais recomendável que a sobra seja colocada para uma chegada tranqüila do trigo em seu destino final. Deve-se considerar, portanto, sobras para possíveis dificuldades ou burocracias portuárias, possíveis atrasos no embarque do navio e problemas que podem ocorrer na própria operação do moinho.

4.1.2 Modelo de Comercialização à *Façon*

Outro aspecto que precisa ser comentado é sobre como é feito o processo de compra de trigo, já que o produto a ser utilizado na fábrica na verdade é a farinha. A empresa, alguns anos atrás, percebeu que devido a grande volatilidade atual dos preços das commodities comercializadas em bolsa e mercados de futuro, não se pode mais ficar dependendo do bom posicionamento dos seus fornecedores para a compra de matéria-prima competitiva. Decidiu-se, então, em acordo com seu principal fornecedor, a utilização de um sistema de compra à *façon*. Ou seja, a empresa mesmo sendo cliente do seu fornecedor, não fecha mais contratos de compra de farinha, mas sim fixa valores de trigo, de acordo com o mercado do momento e a partir daí tem sua farinha calculada, acrescentando-se todos os custos de logística, operação portuária e entrega até a fábrica. O moinho entra apenas como intermediador desta operação, estocando o trigo até sua moagem e transformando o trigo efetivamente em farinha (moendo, a partir de mesclas e especificações anteriormente acordadas). O pagamento, por sua vez, é feito a partir da dação de um certo volume de trigo adquirido ao fornecedor.

No esquema a seguir, tem-se um exemplo do cálculo efetuado para a transformação do preço do trigo em dólares, para o preço da farinha em reais:

Quando :	Mês e Ano
NAVIO :	xxx
Origem	EUA
Quantidade (Ton)	15.000
Custo de Trigo FOB (US\$/TON)	185,00
Frete Marítimo (US\$/TON)	35,00
I.I. (10%)	22,00
Taxa de Seguro	0,10%
Valor do Seguro (US\$/TON)	0,24

CIF (US\$/TON)	242,24
Taxa de Câmbio – Navio	2,2730
Custo de Internação (R\$/TON)	25,76
Custo Internado (R\$/TON)	576,38
Valor da importação CIF US\$	3.474.084,55
Taxa de Câmbio DMI	2,3320
Capatazia R\$/Ton	26,50
Valor da importação CF DMI R\$	8.101.565,16
Pis 1,65%	0,00
Cofins 7,60%	0,00
Despesas Aduaneiras	40,00
Subtotal	8.101.605,16
Base de Cálculo ICMS	9.206.369,50
Antecipação ICMS	1.104.764,34
ICMS Substituto	1.649.855,07
Impostos R\$/Ton	183,64
Trigo R\$/Ton	760,02
Percentual de Perda	0,50%
Custo CIF c/ Perda (US\$/TON)	763,82
Farinha líquida (n = 78%)	979,26
Frete local (R\$/Ton)	20,00
Total (R\$/Ton)	999,26

Tabela 4.1 – Cálculo do custo da farinha a partir do custo FOB do trigo.

Fonte: Baseado no arquivo da empresa.

Nota-se que todos os custos são considerados detalhadamente, chegando-se ao preço final pago pela empresa. Inicia-se a partir do preço em dólares por tonelada fechados na CBOT (Chicago Board of Trade), o frete marítimo também fixado com pessoal especializado e vai se acrescentando então todos os custos de operação, seguros e impostos incidentes neste tipo de mercadoria, além de uma taxa de 78%, que corresponde ao percentual do trigo que efetivamente torna-se farinha. O resto é perda ou farelo.

A partir desta estratégia de compra à façon, pode-se ver claramente vantagens tanto para a empresa contratante, quanto para a empresa fornecedora. O cliente, por exemplo:

- Pode atuar efetivamente na formação de preços de seu produto;
- Diminui a dependência de preços do fornecedor, podendo não ser prejudicada caso o seu fornecedor faça um posicionamento errado;

- Pode tirar mais vantagens do período de baixa dos preços, já que os fornecedores tendem a repassar custos mais elevados, mas nunca baixar preço com a queda do mercado, principalmente se o cliente não se atentar para este fato;

Já para o fornecedor:

- Muitas das funções anteriormente de responsabilidade do fornecedor passam a ser do cliente, tais como: preocupação com o fechamento de bons preços, necessidade de controle dos navios, etc.
- Há uma garantia de sempre se ter bons negócios. Como o modelo de comercialização fica a cargo do cliente, a empresa passa a não ser mais única a ter riscos na jogada. Caso haja um aumento brusco e inesperado nos preços, o cliente também arcará com esse prejuízo, sem ter como reivindicar uma briga por preços mais baixos;
- O cliente se torna mais fiel, já que tem a liberdade de fazer suas operações e sempre estar acompanhando o mercado.

Além disso, ambos passam a ter uma relação muito mais próxima e uma parceria muito mais estruturada, já que se pode ver claramente uma relação típica de ganha-ganha neste caso. O interesse dos dois lados é de que a compra seja bem feita e os dois sigam tendo economias e fazendo cada vez mais negócios.

4.1.3 Dados e Informações

Para o início do estudo em si para o planejamento da compra do trigo, alguns dados e informações precisam ser conhecidos. Assim, neste tópico serão apresentados números relativos ao volume de compra para o ano que vem (2010), lote adequado para transporte, lead-time de chegada dos navios e todas outras informações que forem relevantes para o case.

De acordo com a experiência do setor de compras especiais da empresa, focado na compra específica de commodities, o lote indicado para o fechamento de um navio vindo dos Estados Unidos, como é o caso do trigo SOFT (ao qual se baseia este trabalho) é de aproximadamente 25.000 tons. Podendo este variar um pouco para cima ou para baixo deste volume. Como normalmente o fornecedor também traz seu próprio trigo junto no mesmo navio, compartilhando custos e evitando que seu cliente tenha que trazer uma quantidade muito grande de uma só vez, o tamanho do lote de compra deve variar em torno das

15.000tons (1.500 para mais ou para menos). Sendo assim, todo o planejamento de compra deve ser pensado para serem trazidos em lotes dentro desta faixa de volume do produto.

A partir daí, precisa-se então ser conhecida a taxa de consumo deste tipo de trigo pela fábrica por mês. Neste ano de 2009, o trigo SOFT foi consumido pelas linhas produtivas a uma taxa de 5.000tons/mês. Considerando-se um aumento nas vendas da empresa para 2010 de 5%, consideraremos então um consumo mensal de 5.250 tons, o que resulta em uma demanda anual da empresa de 63.000 toneladas de trigo SOFT americano para o próximo ano, para qual será baseado este planejamento de compra.

Com relação ao lead-time do produto, desde a época de embarque até a chegada à fábrica da empresa, podemos detalhá-lo segundo a tabela a seguir:

Cálculo do Lead-Time de Entrega do Trigo Americano	
Viagem Marítima	20 dias
Operação Portuária	04 dias
Porto - Carregamento da 1 Carreta	01 dia
Folga	05 dias
TOTAL	30 dias

Tabela 4.2 – Cálculo estimado do lead-time de entrega do trigo, a partir do embarque.

Fonte: Elaborada pela autora.

A tabela acima considera valores máximos para uma situação de normalidade. Foram omitidos também tempo de transporte terrestre e operações de armazém interno na empresa, pois representam poucas horas apenas e como os tempos já foram todos puxados um pouco para cima, podemos considerar que estes tempos menores já estão computados. Já considerando uma folga de 05 dias para garantir o abastecimento da fábrica, é recomendável se utilizar um lead-time de entrega de 01 mês.

Os dados que serão utilizados para a análise e modelagem em séries temporais serão os valores de fechamento do trigo SRW, na CBOT desde nos últimos 5 anos, ou seja, de 2004 até hoje. Será utilizada uma média mensal para cada período, já que o resultado esperado da análise não precisará ter uma confiança de distinção por dias. Uma média mensal já será suficiente para o que este trabalho se propõe. Os valores utilizados são, então, os seguintes (em cts/bushel):

Meses	2009	2008	2007	2006	2005	2004
JAN	588,90	923,89	466,14	334,91	298,99	390,29
FEV	534,51	1059,00	464,70	358,70	300,97	381,38
MAR	521,13	1096,33	459,48	356,73	340,70	385,53
ABR	526,40	881,05	471,16	351,84	313,19	394,01
MAI	586,28	777,48	485,97	391,73	315,32	376,38
JUN	580,41	848,06	573,51	374,49	325,22	354,27
JUL	514,65	812,36	613,35	390,10	332,54	329,12
AGO	486,43	818,73	691,79	381,43	318,34	309,77
SET	451,88	719,32	862,96	407,39	320,38	321,42
OUT	496,58	569,91	853,74	500,26	334,44	311,29
NOV	524,61	533,41	791,65	487,51	306,55	303,42
DEZ	-	536,84	918,74	491,11	316,98	296,51

Tabela 4.3 – Médias mensais do trigo SOFT na CBOT de janeiro de 2004 a novembro de 2009

Fonte: Elaborada pela autora.

Para transformar estes valores para dólares por tonelada (US\$/ton) basta multiplicar os números por uma constante igual a 0,367437. Este é o número oficialmente utilizado, já que bushel é uma unidade de volume e toneladas de massa. Estima-se que em um bushel de volume, caibam aproximadamente 36,7437 toneladas de trigo. O mesmo cálculo é feito para todo tipo de trigo, o que representa uma ótima aproximação da realidade.

Este trabalho apresentará a partir desses dados e informações uma proposta para o planejamento de compra do trigo SOFT de origem dos Estados Unidos, indicando melhor momento de compra, quantidade a ser trazida em cada ponto indicado, a partir do preço FOB que será indicado pelo modelo que será aplicado no próximo tópico deste estudo.

4.2 Justificativa para a Escolha do Modelo

Um dos pontos mais importantes da aplicação de modelos de séries temporais é a escolha correta do modelo a ser aplicado. A parte matemática hoje já existe programas e softwares que se ocupam disto sem ajuda adicional, no entanto, em questões subjetivas como melhor adequação dos dados, resultado obtido a partir do que se tem disponível e do que se deseja, ainda fica dependente da atuação humana e de um conhecimento mais aprofundado do assunto.

Para este trabalho, a escolha do modelo se deu baseada em alguns critérios, de acordo com a ordem de priorização a seguir:

1. Simplicidade e rapidez;
2. Metodologia adequada ao tipo da série;

3. Necessidade de indicar melhores tendências, do que precisamente um número;
4. Confiabilidade dos resultados.

A partir de então, considerou-se todos os modelos de séries temporais previamente citados. Partindo do princípio que simplicidade e rapidez era o fator mais importante de escolha, alguns modelos mais complexos foram descartados mais rapidamente, como os modelos causais e o ARIMA e séries de Fourier. Como a confiabilidade também representa um pré-requisito, apesar de não ser fator primordial, uma vez que os dados servirão apenas como base, serão feitos testes para comparação de dois modelos distintos: o de alisamento exponencial e o método da decomposição multiplicativa. Estes dois modelos foram pré-selecionados por possuírem características distintas, mas que ambas preenchem os requisitos acima mencionado. A comparação será feita no próximo tópico, assim como a aplicação do modelo que se mostre mais adequado.

Além disso, visto que os parâmetros de preço tendem a subir ou descer de acordo com a situação econômica atual no mundo, é importante a utilização de um modelo que considere um peso maior para os valores mais recentes, como acontece no caso do alisamento exponencial com alfa maior. Ou então o uso de um modelo que seja capaz de considerar essa sazonalidade natural dos preços, mesmo que este não apresente uma variação uniforme ao longo do tempo, como visto no gráfico abaixo.

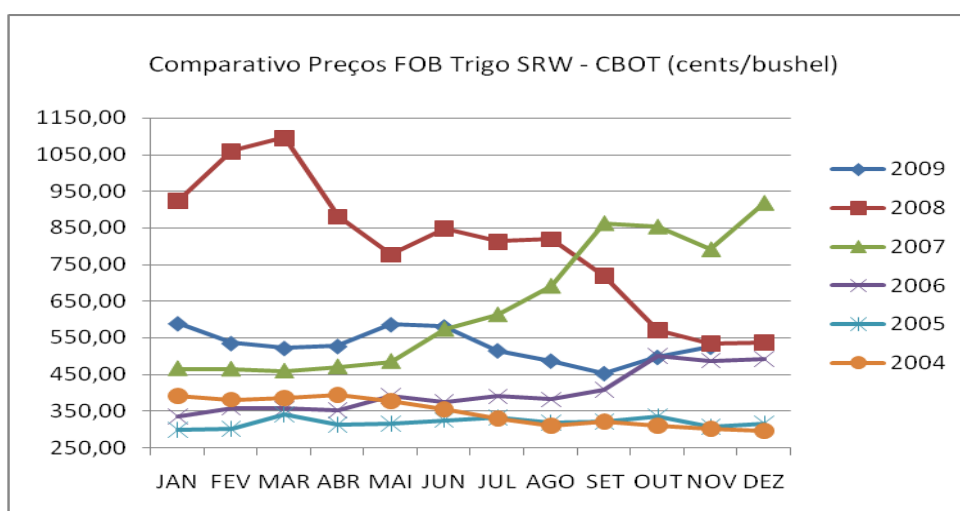


Figura 4.1 – Comparativo dos preços FOB do trigo SRW, na CBOT, ano a ano.

Fonte: Elaborada pela autora.

Conforme pôde-se comprovar com o gráfico acima, não podemos considerar um linha de tendência específica dos preços ou tendências sazonais claras. Assim, o alisamento exponencial considerado será o tradicional, mais simples, no qual apenas um fator de

alisamento é requerido (o alfa citado mais acima). Além disso, o comparativo também mostra uma discrepância muito grande para os preços a partir de meados de julho de 2007 até o meio do ano seguinte, 2008.

A modelagem, como dito anteriormente, será efetuada automaticamente por um software, disponível em versão de teste livremente na internet e que apresenta alguns modelos de previsão com ótima aplicabilidade. O programa escolhido foi o POM for Windows e ele dá de forma simplificada os resultados, ficando a caráter do autor apenas a análise dos resultados e aplicação ao caso específico aqui analisado.

4.3 Resultados das Modelagens e Comparação dos Modelos Escolhidos

A primeira etapa será, portanto, a escolha do modelo que será considerado para a análise. A comparação será feita a partir da análise do gráfico de correlação da previsão feita pela metodologia do modelo e os valores reais, assim como a comparação dos índices MAD e MSE, onde:

$$\text{MSE} = \sum (\text{Real} - \text{Previsão})^2 / n$$
$$\text{MAD} = \sum (\text{Real} - \text{Previsão}) / n$$

Ambos os indicadores tem a mesma finalidade e quanto menor forem seus valores, mais confiável será o modelo e mais aferidas estarão suas previsões. Depois, serão verificadas as previsões para 2010, analisando se a série com melhor MSE realmente pode ser o escolhido.

No software utilizado (POM), só é possível fazer uma previsão por vez, logo, foi feita a comparação com base no próximo valor de previsão e apenas após escolhido o modelo será feita a previsão para todos os meses de 2010, uma a uma. Também foi feito um teste retirando o período de julho de setembro de 2007 até agosto de 2008. Estes valores sofreram forte influência da crise internacional que o mundo ainda vem passando, porém a partir do fim de 2008 os patamares de preço voltaram aos níveis anteriores. Expurgar estes dados de preços “anormais” pode provavelmente, fornecer um maior nível de acuracidade.

4.3.1 Alisamento Exponencial

Para comparação será utilizado um alfa = 0,5.

Resultados sem retirar valores da série:

Forecasting Results	
Teste Alisamento Exponencial Summary	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	3,3413
MAD (Mean Absolute Deviation)	45,2094
MSE (Mean Squared Error)	4.860,069
Standard Error (denom=n-2=68)	70,732
Forecast	
next period	507,2326

Tabela 4.4 – Resultados da previsão a partir do Alisamento Exponencial Simples.

Fonte: POM for Windows.

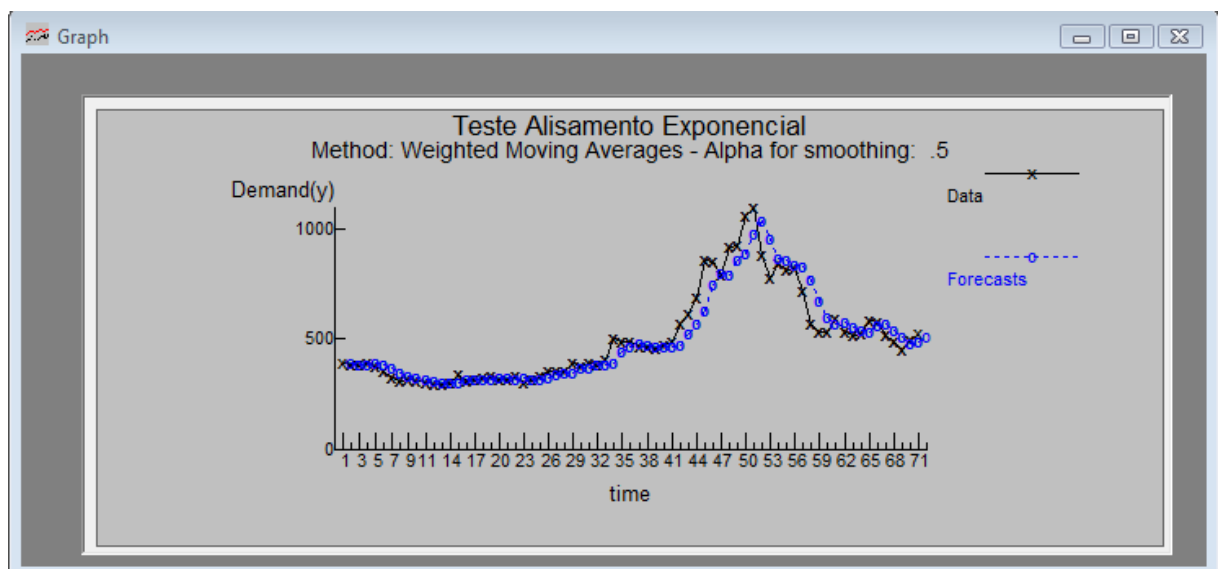


Figura 4.2 – Gráfico da previsão a partir do Alisamento Exponencial Simples.

Fonte: POM for Windows

Notamos um $MSE = 4.860,069$ e um $MAD = 45,2094$. Valor que indica uma variação de aproximadamente 16,6 dólares para mais ou para menos. O gráfico de relação do real com a previsão, por sua vez, apresenta um comportamento bem adequado, aparecendo com um pequeno atraso das previsões a partir de meados de 2007.

Resultados retirando valores de jul07 até ago08 da série:

Forecasting Results	
Teste Alisamento Exponencial Summary	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	4,0324
MAD (Mean Absolute Deviation)	29,8706
MSE (Mean Squared Error)	1.811,337
Standard Error (denom=n-2=56)	43,3131
Forecast	
next period	507,2266

Tabela 4.5 – Resultados da previsão a partir do Alisamento Exponencial Simples, retirando-se período crítico da crise mundial.

Fonte: POM for Windows

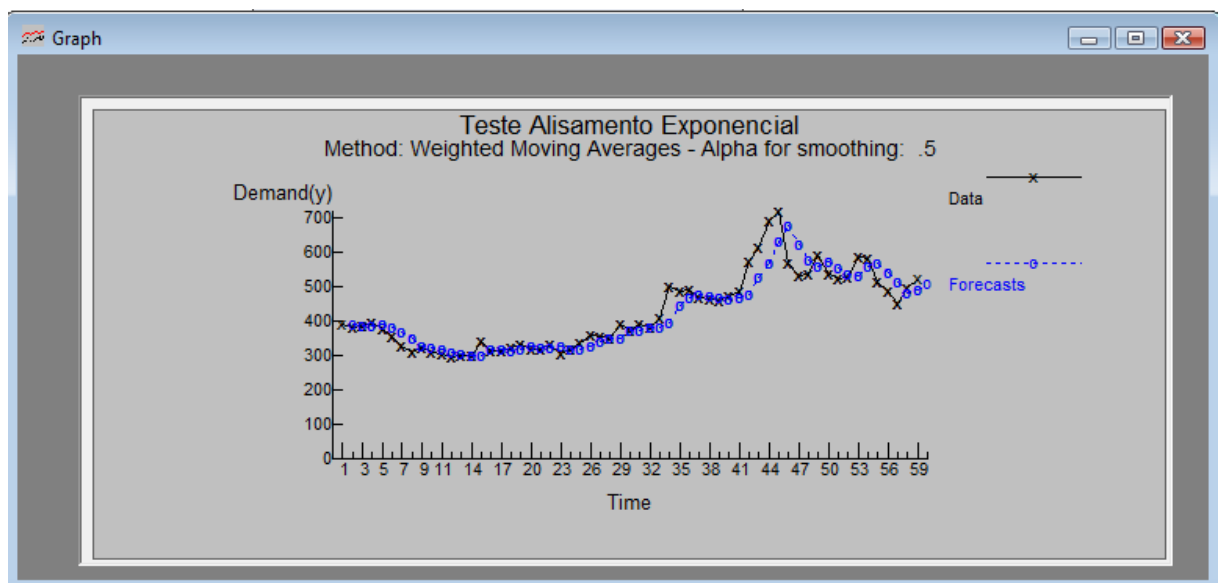


Figura 4.3 – Gráfico da previsão a partir do Alisamento Exponencial Simple, retirando-se período crítico da crise mundial.

Fonte: POM for Windows

Neste caso, o MSE e MAD baixam bastante, representando uma variação média ao longo do tempo de apenas 11 dólares. Já no gráfico de adequação, vê-se ainda um deslocamento dos valores, porém de maneira mais uniforme ao longo do tempo, sem que haja um erro grosseiro em um determinado momento.

4.3.2 Decomposição Multiplicativa

Resultados sem retirar nenhum valor da série:

Verificamos a partir das tabelas abaixo que o MSE e o MAD aparecem bem mais altos neste primeiro momento de teste do alisamento exponencial. Resultado também refletido no gráfico, já que a curva de previsões se apresenta como uma reta crescente, enquanto que na realidade, os preços variam muito ao longo do ano, não podendo se adequar corretamente a apenas uma reta de tendência.

Teste Decomposição Multiplicativa Summary					
Measure	Value	Future Period	Unadjusted Forecast	Seasonal Factor	Adjusted Forecast
Error Measures					
Bias (Mean Error)	0,0691	72,	736,3784	0,9794	721,198
MAD (Mean Absolute Deviation)	120,8543	73,	742,6679	0,9916	736,406
MSE (Mean Squared Error)	24.393,45	74,	748,9575	1,0114	757,4631
Standard Error (denom=n-2-12=57)	174,3124	75,	755,247	1,0306	778,3788
Regression line (unadjusted forecast)					
Demand(y) = 283.5308		76,	761,5366	0,9602	731,2424
+ 6,2896 * time		77,	767,8261	0,9765	749,7946
Statistics					
Correlation coefficient	0,6342	78,	774,1157	0,9847	762,2499
Coefficient of determination (r^2)	0,4022	79,	780,4052	0,9854	769,0199
		80,	786,6948	0,9804	771,2391
		81,	792,9843	1,0162	805,841
		82,	799,2739	1,0109	808,0006
		83,	805,5634	0,9516	766,6034
		84,	811,853	0,9794	795,1167

Tabela 4.6 – Resultados da previsão a partir da Decomposição Multiplicativa.

Fonte: POM for Windows

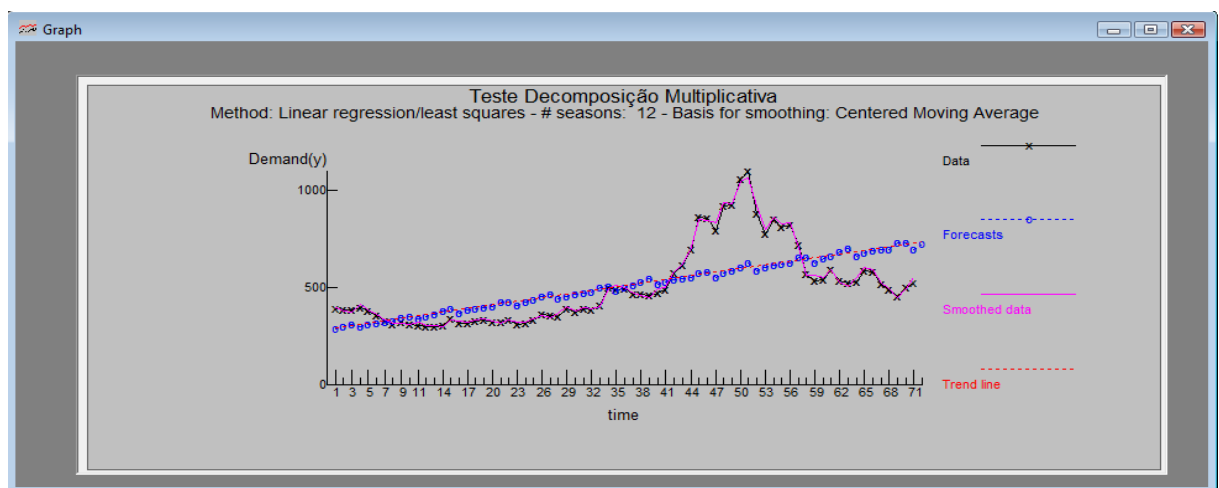


Figura 4.4 –Gráfico da previsão a partir do Alisamento Decomposição Multiplicativa.

Fonte: POM for Windows

Resultados retirando valores de jul07 até ago08 da série:

Teste Decomposição Multiplicativa Summary					
Measure	Value	Future Period	Unadjusted Forecast	Seasonal Factor	Adjusted Forecast
Error Measures					
Bias (Mean Error)	0,0182	60,	574,421	0,9523	546,9952
MAD (Mean Absolute Deviation)	50,164	61,	579,3426	0,9512	551,0681
MSE (Mean Squared Error)	3.913,884	62,	584,2642	0,9789	571,9098
Standard Error (denom=n-2-10=47)	70,094	63,	589,1858	1,0053	592,2986
Regression line (unadjusted forecast)					
Demand(y) = 279.1254		64,	594,1074	1,0716	636,6198
+ 4,9216 * time		65,	599,0289	1,0978	657,6382
Statistics					
Correlation coefficient	0,8122	66,	603,9506	1,0159	613,5755
Coefficient of determination (r^2)	0,6596	67,	608,8721	0,972	591,8151
		68,	613,7937	0,957	587,4044
		69,	618,7153	0,9979	617,4146
		70,	623,6369	0,9523	593,8613
		71,	628,5585	0,9512	597,8821
		72,	633,4801	0,9789	620,0851

Tabela 4.7 – Resultados da previsão a partir da Decomposição Multiplicativa, retirando-se período crítico da crise mundial.

Fonte: POM for Windows

Quando retirados os valores do pico da crise, vemos uma redução significativa nos erros padrões do modelo. O MSE cai para 3.913,88 e o MAD para 50,16, o que representa uma faixa de resultados que podem variar em 18 dólares para cima ou para baixo, a partir da previsão.

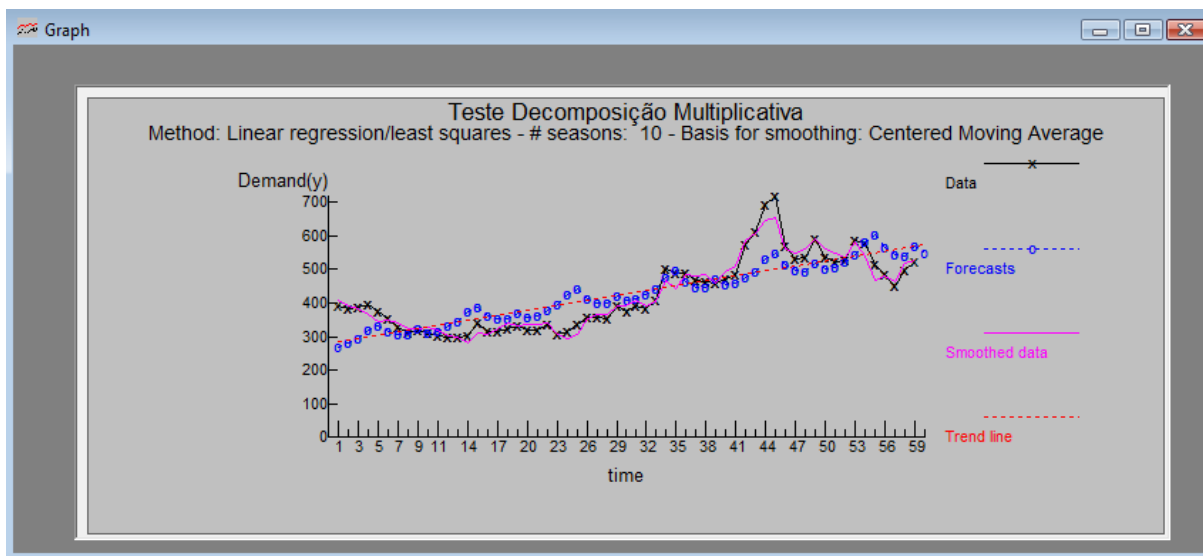
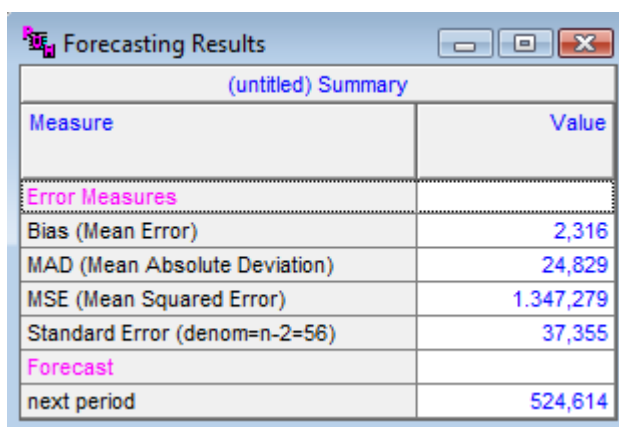


Figura 4.5 – Gráfico da previsão a partir da Decomposição Multiplicativa, retirando-se período crítico da crise mundial.

Fonte: POM for Windows

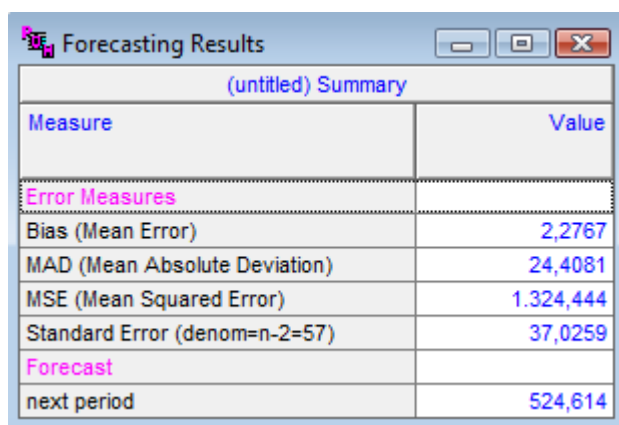
Analisando-se os dados acima notamos facilmente que em ambos os modelos os resultados obtidos com as séries sem os valores no período de 01 ano que fugiam da curva foram bem melhores.



(untitled) Summary	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	2,316
MAD (Mean Absolute Deviation)	24,829
MSE (Mean Squared Error)	1.347,279
Standard Error (denom=n-2=56)	37,355
Forecast	
next period	524,614

Tabela 4.8 – Resultados da 2ª previsão a partir do Alisamento Exponencial Simples, retirando-se período crítico da crise mundial.

Fonte: POM for Windows



(untitled) Summary	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	2,2767
MAD (Mean Absolute Deviation)	24,4081
MSE (Mean Squared Error)	1.324,444
Standard Error (denom=n-2=57)	37,0259
Forecast	
next period	524,614

Tabela 4.9 – Resultados da 3ª previsão a partir do Alisamento Exponencial Simples, retirando-se período crítico da crise mundial.

Fonte: POM for Windows

Como se vê acima, todos os valores de previsão para os próximos valores da série no alisamento exponencial estão tendendo para a média dos valores anteriores. Isto não é surpresa, pois segundo Moreira (2004), não há uma regra definitiva para o número de observações passadas da variável que se deseja prever, mas costuma-se utilizar a seguinte fórmula para o alisamento exponencial:

$$N = 2/\alpha - 1$$

E, caso k seja grande demais, a solução é tomar todos os dados disponíveis na composição da média. Portanto, utilizaremos o método da decomposição multiplicativa que

apresentou uma confiabilidade boa nos dados e apresenta uma variação durante coerente durante o tempo.

4.4 Previsões a partir do Método da Decomposição Multiplicativa

Aplicando-se consecutivamente o modelo de decomposição multiplicativa de modo automático, chega-se aos seguintes resultados:

jan-10	552,179
fev-10	573,8524
mar-10	595,4266
abr-10	640,236
mai-10	647,8745
jun-10	607,6053
jul-10	582,4417
ago-10	587,3734
set-10	617,8624
out-10	601,325
nov-10	604,0074
dez-10	625,0452

Tabela 4.10 – Resultados para o ano de 2010, a partir da Decomposição Multiplicativa, retirando-se período crítico da crise mundial.

Fonte: POM for Windows

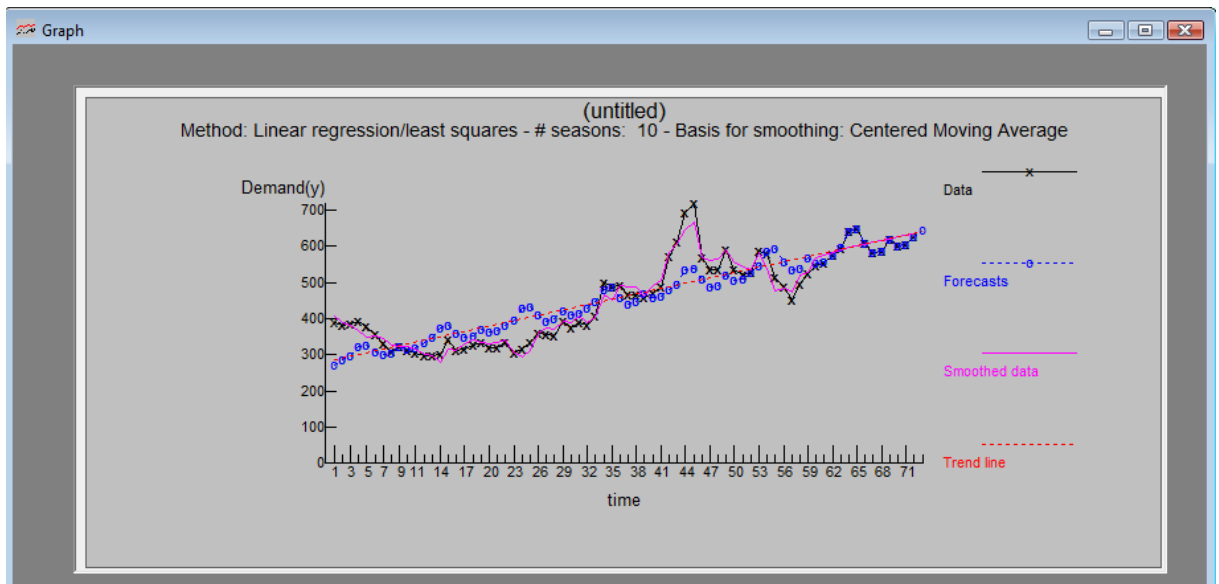


Figura 4.6 – Gráfico dos resultados para o ano de 2010, a partir da Decomposição Multiplicativa, retirando-se período crítico da crise mundial.

Fonte: POM for Windows

4.5 Discussão e Aplicação dos Resultados

Para a aplicação dos resultados será necessária a utilização dos dados e informações anteriormente mencionados neste trabalho. Já a discussão dos resultados se refere ao comentário sobre os valores obtidos a partir dos resultados da previsão dos preços do trigo SRW para o ano de 2010.

4.5.1 Análise dos Resultados

O modelo de decomposição multiplicativa utilizado foi modelado a partir de uma estimativa de 04 (quatro) ciclos sazonais por ano, baseado no fato de se terem 02 (duas) colheitas de trigo no hemisfério norte por ano e mais outras 02 (duas) no hemisfério sul, as quais normalmente exercem alguma influência significativa nos preços do trigo.

A retirada de um ano de preços referentes ao meio de 2007 até o meio de 2008 foi numericamente explicado e pareceu bem coerente, já que os dados estavam influenciando muito no comportamento das previsões, ocasionando valores puxados para cima.

A equação gerada pelo programa POM para os dados modelados na primeira previsão foi a seguinte: $\text{Previsão} = 279,1254 + 4,9216 \cdot t$. No entanto, observa-se que em alguns períodos a tendência se inverteu, provocando valores mais baixos que o anterior, assim como podemos observar no gráfico comparativo dos preços passados do trigo exposto na seção anterior.

Sabendo-se que o MAD das previsões variou em torno de 50, isto quer dizer que pode haver uma variação nos preços obtidos de aproximadamente 50 cents pra cima ou para baixo no preço do bushel do trigo. Isto numa situação de compra real é bastante significativo, porém considerando-se a alta volatilidade dos mercados de commodities e seu risco natural, este valor é aceitável e pode ser tranquilamente utilizado como base de planejamento. Já se analisando o valor do coeficiente de determinação, ele mede o quanto a curva da previsão pode explicar a curva real dos preços e, neste caso deu 0,6596. O valor não apresenta confiança da explicação porém mostra que ambas seguem tendências e variações parecidas, como podemos ver no gráfico que orientou a escolha deste modelo.

4.5.2 Planejamento da Compra

Apenas recapitulando, o planejamento será efetuado para a compra de trigo SRW para ser recebido durante todo o ano de 2010. O volume médio de compra é de 63.000 tons e deve

chegar em lotes próximos de 15.000 tons. O espaçamento máximo de chegada é regrado pelo estoque e o pedido deve ser feito 01 (um) mês antes do dia planejado para recebimento.

A partir dos valores previstos, percebemos que o início do ano é o período em que os preços encontram-se mais baixos e, portanto, representa um período certo de compra, incluindo também dezembro deste ano, onde se encontra o preço mais baixo dentre todas as opções, conforme podemos notar pelo gráfico abaixo, com os valores da previsão já incluídos.

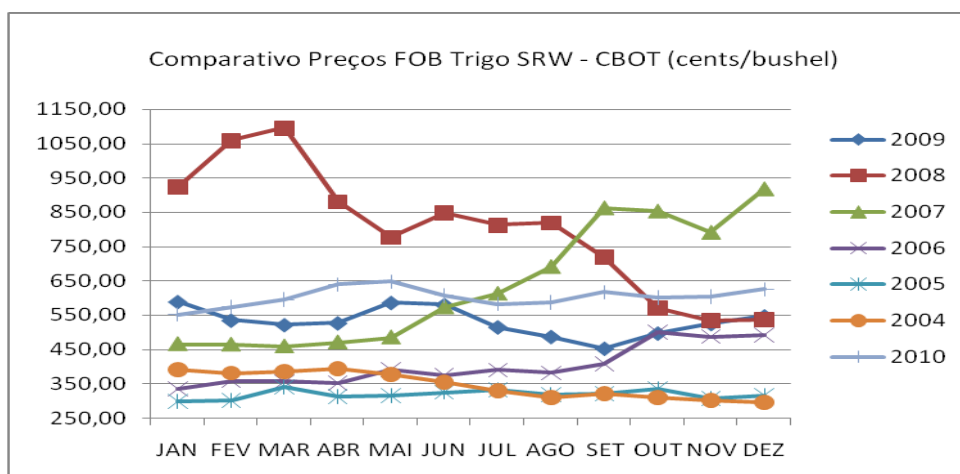


Figura 4.7 – Gráfico Comparativo dos preços FOB do trigo SRW, na CBOT, ano a ano, incluindo previsões para 2010.

Fonte: Elaborada pela autora.

Pode-se perceber também pelo gráfico acima que os valores encontram-se visualmente aceitáveis, o que comprova mais uma vez a eficácia do método para auxílio neste tipo de trabalho.

Para cálculo da quantidade mínima de lotes de compra podemos dividir o volume total de compra pelo volume médio por lote, gerando o seguinte número:

$$N^a \text{ de lotes} = 63.000/15.000 = 4,2$$

Assim, o planejamento será efetuado para 04 (quatro) pontos de compra de 15.750 toneladas cada.

O plano é, portanto, realizar a primeira compra para 2010 em dezembro de 2009, para que este trigo seja já disponível na fábrica em janeiro, garantindo assim o aproveitamento do maior período de baixa.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Compra	x		x					x				
Estoque Inicial	15.750	26.250	21.000	31.500	26.250	21.000	15.750	10.500	21.000	15.750	10.500	5.250
Consumo	5250	5250	5250	5250	5250	5250	5250	5250	5250	5250	5250	5250
Estoque Final	10.500	21.000	15.750	26.250	21.000	15.750	10.500	5.250	15.750	10.500	5.250	0

Tabela 4.11 – Pontos de compra recomendados.

Fonte: Elaborada pela autora.

Em 2010, portanto, o estoque já inicia positivo em 15.750 tons pedidas em dezembro. A partir daí só ficaram faltando três lotes para suprir a demanda anual da empresa. Os pontos de compra foram escolhidos aqui prioritariamente pelo preço, sendo também considerado o estoque a manter e garantir que não haja falta de insumos para o processo. Os meses para efetuar a compra serão então: dezembro de 2009 e janeiro, março e agosto de 2010.

Baseado no planejamento acima o gasto anual total será calculado da seguinte forma:

Preço FOB (em cents/bushel) x 0,367437 (constante para transformar em US\$/ton) x Quantidade. Fazendo-se isto para os quatro momentos de compra e somand cada uma dessas parcelas, teremos o total, o qual deverá servir como orçamento desta atividade para o setor de compras de commodities da empresa. O montante em dólares é mostrado na tabela abaixo:

Quando	cts/bu	Cte	US\$/ton	Qntdade	Total (US\$)
1. Dez09	547,00	0,367437	200,99	17.750	3.567.537,69
2. Jan10	552,18	0,367437	202,89	17.750	3.601.321,69
3.Mar10	595,43	0,367437	218,78	17.750	3.883.398,48
4.Ago10	587,37	0,367437	215,82	17.750	3.830.831,10
Ano	570,50	0,367437	209,62	71.000	14.883.088,96

Tabela 4.12 – Orçamento estimado em dólares para a compra em 2010.

Fonte: Elaborada pela autora.

Utilizando-se o câmbio estimado pelo Boletim Focus do Banco Central para 2010, de 1,75, o orçamento para esta atividade de compra deve ser de:

$$14.883.088,96 \times 1,75 = \text{R\$ } 26.045.405,69$$

Como mencionado anteriormente, o valor envolvido é muito alto, podendo ser fator determinante, inclusive, para a competitividade da empresa e margem de lucro que ela poderá trabalhar no mercado. Por isso a importância de se utilizar uma ferramenta de apoio à decisão.

Vale ressaltar que este estudo tem como base os preços de uma previsão, os quais podem não vir a acontecer, modificando tanto o valor que será que ser gasto, assim como o ponto de compra ideal. Por isso, é fundamental que se faça uma reanálise da estratégia periodicamente, acompanhando o mercado e possíveis mudanças ou imprevistos que venham

a acontecer. Também é imprescindível um monitoramento no panorama econômico-financeiro mundial, o qual influi diretamente nos preços das commodities em geral, como inclusive pudemos observar com o aumento de preço brusco ocorrido devido à crise mundial. O ideal é, portanto, que se faça uma análise a partir de projeções do preço, assim como a análise fundamental dos fatores influenciadores das cotações como fundos comprados ou vendidos no momento, situação da safra mundial e clima.

Este estudo, entretanto, apresenta uma base de procedimento para a realização de um planejamento de compra para um médio prazo e as operações executadas nesta operação.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho teve como foco realizar uma proposição de utilização de análise de séries temporais em uma situação real de compra de *commodities*, ressaltando a importância e aplicabilidade deste assunto de previsão para a diminuição dos riscos embutidos em uma compra de movimentação financeira tão significativa, principalmente sendo um produto como o trigo, cujos preços são extremamente variáveis e inesperados.

Esta complexidade no estudo do comportamento da comercialização do trigo também foi abordada, mostrando que este grão, por ser uma commodity negociada em bolsa, tem forte influência de compradores especuladores, os quais podem fazer uma pressão no preço quando todos estiverem esperando uma baixa de acordo com os fundamentos. Viu-se também que os principais fatores a serem levados em conta de maneira qualitativa são: safra mundial do trigo (principalmente dos EUA, o principal produtor mundial), cotação do dólar (quanto mais forte o dólar, menor o preço), demanda mundial e situação dos fundos das commodities.

Através da análise bibliográfica apresentada, pôde-se perceber que os modelos de previsão são realmente de aplicação muito ampla e de grande importância e ajuda na tomada de decisão. Logo, além das contribuições práticas do estudo, este trabalho conseguiu proporcionar, em especial, uma base de conhecimentos científicos sobre o assunto, os quais podem ser utilizados de maneira simples e eficaz nas situações do dia-a-dia profissional.

O trabalho teve um enfoque maior em modelos de séries temporais, por ter um caráter mais de previsão baseada no histórico dos valores. No caso dos modelos de regressão ou causais, o nome já diz muito sobre a que eles se propõem. Estes são mais recomendados para a explicação de uma variável, pois ele busca uma correlação entre a série e outra (ou outras) variável que possa estar guiando a sequência de valores ao longo do tempo. Eles também apresentam ótima aplicabilidade e são bastante recomendados.

Por existirem diversos tipos de modelos de previsão, a escolha do modelo mais adequado torna-se uma tarefa crítica, às vezes mais difícil até do que a própria aplicação matemática do modelo. Devem-se observar fatores como o objetivo da análise, recursos disponíveis, tempo necessário para a conclusão do estudo, comportamento do gráfico das variáveis, etc. A escolha só deve ser concluída após testado o modelo pré-escolhido.

Neste caso específico, o modelo aplicado foi o de decomposição multiplicativa de séries temporais. Primeiramente, cogitou-se a utilização do modelo de alisamento exponencial, no entanto, o teste final, ele pareceu estar tendendo a uma média e não apresentando a volatilidade necessária para a série de preços do trigo. Os resultados tiveram um coeficiente

de correlação moderadamente bom, porém quando analisados os valores graficamente, estes pareceram se encaixar satisfatoriamente para a previsão.

Como resultado final, obteve-se um planejamento de compra de trigo SRW (Soft Red Winter) para uma empresa de alimentos de Pernambuco para o ano de 2010. A partir de uma priorização de custos ficou determinado que haveriam 04 (quatro) pontos de compra: dezembro de 2009, janeiro, março e agosto de 2010, onde serão compradas 15.750 toneladas por vez. Isto representa um gasto anual de US\$14.883.088,96.

Sendo o estudo baseado em uma previsão, este plano não é 100% confiável e não deve ser seguido à risca quando a tendência comece a se mostrar diferente do modelado. É fundamental que haja uma revisão contínua dessa estratégia, fazendo com que estes valores sirvam apenas como uma idéia inicial ou como uma ferramenta para cálculo do orçamento esperado para este item. Além disso, para este período de turbulências econômicas e de incertezas mundiais, esta cautela deve ser redobrada. Este sentimento de que o mundo já está saindo da crise apresenta-se na mente de muitos, porém qualquer indicador ruim ou notícia preocupante nos países mais influentes pode trazer uma nova cautela às pessoas, ocasionando uma mudança rápida de patamar dos preços.

Adicionando-se o fato de que a análise de uma série, mesmo que através de programas ou softwares automáticos, exige uma interação e interpretação pessoal de quem o aplica, deve-se ficar bem claro que esta análise não é de nenhuma forma determinística. O importante é que a pessoa conheça os modelos, seus pontos positivos e negativos, assim como consiga relacioná-los a seus objetivos. O resultado pode não ser o ótimo, mas com certeza trará várias vantagens para a tomada de decisão. Mesmo que não se aplique os valores exatos, estes podem servir como base de comparação ou como meta.

Sendo assim, os modelos de previsão representam uma área ainda pouco utilizada, visto a sua importância. O aprendizado é de grande aplicabilidade e bons resultados. Para os interessados pelo assunto, recomenda-se à busca de novas fontes e exploração das referências citadas ao fim deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abitrigo (Associação Brasileira da Indústria do Trigo)

Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/trigo.asp> e em

<http://www.abitrigo.com.br/derivados.asp>

Acesso em 18 de out. de 2009.

ARÊDES, A. F.; PEREIRA, M. W. G. *Comportamento do preço do trigo no Paraná, 1994 a 2007*. Informações Econômicas, São Paulo, v. 38, n. 6, p. 21-31, 2008.

Banco Central do Brasil

Disponível em: <http://www.bcb.gov.br>

Acesso em 17 de novembro de 2009.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. *Modeling and Simulation. Operations management research methodologies using quantitative models*. International Journal of Operations & Production Management, v. 22. n.2. p. 241-264, 2002.

BOX, George; JENKINS, Gwilym & REINSEL, Gregory. *Time Series Analysis – Forecasting and Control*. 3 Ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1994 .

BRESSAN, Aureliano Rangel. *Tomada de Decisão em Futuros Agropecuários com Modelos de Previsão de Séries Temporais*. Revista de Administração e Economia – FGV – EASP. Vol 3. N 1. Artigo 9. Janeiro-junho, 2009.

BRESSAN, A. A.. & LIMA, J. E. de. *Modelos de Previsão de Preços Aplicados aos Contratos Futuros de Boi Gordo Na BM&F*. Nova Economia Belo Horizonte 12 (1)117-140 janeiro-junho, 2002.

Bunge Alimentos SA.

Disponível em: <http://www.bungealimentos.com.br/fornecedor/espaco.asp?id=6295>

Acesso em 18 de novembro de 2009.

CARVALHO, Camila. *Farinha de Trigo e Aplicações*. Bunge Alimentos SA. São Paulo, 28 e 29 de setembro de 2009.

CERTO, Samuel C.; PETER, J. Paul. *Administração Estratégica: Planejamento e Implantação da Estratégia*. Makron Books: São Paulo, 1993.

CME Group

Disponível em: <http://www.cmegroup.com/>

Acesso em 21 de out. de 2009.

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

EMBRAPA

Disponível em: <http://www.embrapa.br/>

Acesso em 21 de out. de 2009.

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1991.

GRANGER, C. W. J.; NEWBOLD, P. *Forecasting Economic Time Series*. London: Academic Press, 1986.

HARRISON, P.J. & STEVENS, C.. *Bayesian Forecasting (with discussion)*. *Journal of the Royal Statistical Society, B* **38**, pp. 205–247, 1976.

MEDEIROS, André. *Regressão Múltipla e o Modelos ARIMA na Previsão do Preço do Boi Gordo*. Itajubá: 2006.

MORETTIN, Pedro & TOLOI, Clélia. *Análise de Séries Temporais*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

MOREIRA, Daniel Augusto. *Administração da produção e operações*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

PACHECO, Ricardo. & SILVA, Alisson. *Aplicação de modelos quantitativos de previsão em uma empresa de transporte ferroviário*. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out, 2003.

PELLEGRINI, F. R. ; FOGLIATTO, F. S. *Estudo comparativo entre os modelos de Winters e de Box-Jenkins para a previsão sazonal*. Produto & Produção. v. 4, p. 72-85, 2000.

PETERS, William & SUMMERS, George. *Análise Estatística e Processo Decisório*. Rio de Janeiro: Editora da Universidade de São Paulo, 1973.

SILVA, E. L. Da; MENEZES, E. M. (2005) *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 3º Ed. Florianópolis: UFSC. 138p.

SLACK, Nigel; et al. *Gerenciamento de operações e de processos: princípios e práticas de impacto estratégico*. Porto alegre: Bookman, 2008.

SPIEGEL, Murray. *Estatística*. Rio de Janeiro: McGraw-Hill do Brasil, 1970.

TWEETEN, L. G. *Foundations of farm policy*. 2 ed. Nebraska: University of Nebraska Press, 1979.