

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**UM MODELO MARKOVIANO DE DECISÃO NA COMERCIALIZAÇÃO
DE PRODUTOS AGRÍCOLAS – O CASO DA SOJA**

**TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM ENGENHARIA**

JOSÉ BINFARÉ NETO

**FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
1998**

José **B**infaré Neto

**UM MODELO MARKOVIANO DE DECISÃO NA COMERCIALIZAÇÃO
DE PRODUTOS AGRÍCOLAS – O CASO DA SOJA**

Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do título de **Doutor em Engenharia de Produção** e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD
Coordenador

Banca Examinadora

Prof. Antonio Galvão Novaes, Dr
Orientador – UFSC

Prof. José Eduardo Souza de Corsi, Docteur es-Sciences
Examinador Externo – INSA de Rouen

Prof^ª Maria Aparecida Cavalcanti Netto, Dr^a
Examinador Externo – COPPE, UFRJ

Prof^ª Mirian Buss Gonçalves, Dr^a - UFSC

Prof. João Carlos Souza, Dr. – UFSC

Prof^ª Édis Mafra Lapolli, Dr^a – UFSC
Moderador

RESUMO

Entre os dois extremos existentes no processo de comercialização de produtos agrícolas, que são as fontes produtoras e o consumidor, existe o agente intermediário que compra e vende as mercadorias, visando obter ganhos. É ele que torna possível o fluxo comercial entre estes extremos, sendo, praticamente, o responsável pelo fluxo dos negócios.

O preço da soja em grão, tanto a nível de produtor como a nível internacional, tem um comportamento instável e sujeito a fatores dos mais variados, como as condições climáticas, decisões quanto à área cultivada, níveis de oferta e de demanda, estoques mundiais, planos econômicos, etc.

Como todo o empresário, o intermediário deve tomar decisões e espera que o que for decidido hoje venha a gerar lucros futuros, objetivando maximizar a riqueza de sua empresa. Porém, haverá sempre a incerteza quanto ao alcance deste objetivo num ambiente de preços instáveis.

O modelo desenvolvido neste trabalho de tese objetiva ser uma ferramenta de auxílio a quem atua no setor intermediário, mais particularmente, às Cooperativas de Comercialização Agrícolas, que negociam a soja em grão dos seus produtores associados com o mercado externo, dando suporte às decisões de quando comprar, vender ou, simplesmente, aguardar, visando otimizar os seus ganhos a médio e longo prazo.

O caso foi enquadrado como um problema de Decisão Seqüencial Markoviano, sendo utilizado na sua abordagem um método constante na literatura especializada e adaptado para tal fim.

ABSTRACT

Somewhere in between the two edges in the process of trading agricultural products, one edge being the productive sector, the other being the final consumer market, appears the intermediary agent, who buys and sells the commodities for a profit. He is the agent that makes it possible the commercial flow between the two extremes, being practically responsible for a great part of the business process in that chain.

The price of soya beans (grain), either at the farmer's level and at the international market, shows a random behavior, being subject to diverse factors such as climate conditions, harvested area, supply and demand levels, worldwide available stocks, economic factors, etc.

As any entrepreneur, the intermediary agent must take crucial decisions, hoping that today's actions will generate future gains in such a way as to maximize the profit of his organization. However, there will always be uncertainties in attaining such objectives, due to the unstable-price environment in which he operates.

The model developed in this thesis is intended to be a tool to help people that work in such an intermediary sector, particularly the farmer Cooperatives that deal with the international market. Such a model can be taken as a support to the decisions regarding the purchase and sale of grains or, sometimes, keeping the commodity in stock, with the objective of optimizing the gains at the medium and long range.

The model can be classified as a Markovian sequential decision problem, and it is based on methods presented in the literature, adapted to the special purposes of the case study focussed in this work.

SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS, QUADROS E GRÁFICOS	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO, O PROBLEMA E A ESTRUTURA DO TRABALHO	1
1.1 - Introdução	1
1.1.1 - A Soja e Sua Utilização na Agroindústria	1
1.1.2 - O Desenvolvimento da Cultura da Soja	4
1.1.2.1 - O “Feijão” de Henry Ford	4
1.1.2.2 - Fase de Expansão	4
1.1.2.3 - A Soja no Brasil	5
1.1.3 - As Grandes Regiões Produtoras e Exportadoras	7
1.2 - O Problema	7
1.3 - Importância e a Estrutura do Trabalho	10
2 COMERCIALIZAÇÃO AGRÍCOLA	13
2.1 - A Importância da Informação	13
2.2 - O Uso de Modelos no Trato da Comercialização	15
2.3 - Transportes e Armazenagem na Comercialização Agrícola	17
2.3.1 - Os Corredores de Transportes	17
2.3.2 - Comparativo de Custos no Transporte da Soja	20
2.3.3 - Armazenagem	21
2.4 - Produção e os Mercados Para a Comercialização da Soja	23
2.4.1 - Produção Mundial e o Mercado Externo	23

2.4.2 - Produção Brasileira e o Mercado Interno	26
2.4.3 - O Novo “Eldorado Verde”	29
3 FORMAÇÃO DOS PREÇOS	30
3.1 - Preços Externos	30
3.1.1 - Bolsas de Mercadorias - Mercados Futuros	32
3.2 - Preços de Venda	34
3.3 - Preços de Compra	36
3.4 - Séries Históricas de Preços	38
4 PROGRAMAÇÃO DINÂMICA - PROCESSOS DE MARKOV	41
4.1 - Introdução	41
4.2 - Um Problema Típico de PD	41
4.3 - Conceitos	42
4.3.1 - Estado	42
4.3.2 - Decisão e Transição de Estado	43
4.3.3 - Retorno por Transição	43
4.3.4 - Estágio	43
4.3.5 - Política	43
4.4 - Princípio da Otimalidade	43
4.5 - Método de Iteração de Valores - Equação de Recorrência	44
4.6 - Programação Dinâmica Determinística e Estocástica	45
4.7 - Processo Estocástico de Parâmetro Discreto	47
4.7.1 - Os Conceitos de PD Aplicados ao Problema	47
4.7.2 - Estrutura Probabilística de Um PEPD	49
4.8 - Processo Markoviano de Parâmetro Discreto	49
4.8.1 - Definição	50
4.8.2 - Probabilidades de Transição de Estados	50
4.8.3 - Propriedades	51

4.8.4 - Matriz de Probabilidades de Transição de Estados	51
4.8.5 - Probabilidades de Transição de n Passos	51
4.8.6 - Probabilidades de Estado	52
4.8.7 - Vetor Limite de Probabilidades de Estado	53
4.9 - Conceitos	53
4.9.1 - Processo Completamente Ergódico	53
4.9.2 - Estados Transientes	54
4.9.3 - Estados Recorrentes	54
4.9.4 - Estados Absorventes	54
4.10 - Cálculo Direto do Vetor \mathbf{p}	54
4.11 - O Efeito Contração (<i>Shinkrage</i>)	55
4.11.1 - Contração Para Dois Estados	55
4.11.2 - Contração Para Três Estados	56
4.12 - Cálculo do Índice de Contração	58
4.13 - Uma Outra Expressão Para a Matriz $\mathbf{F}^{(n)}$	59
4.14 - Avaliação do Determinante da Matriz P	59
5 O PROCESSO DE DECISÃO MARKOVIANO – APLICAÇÕES	61
5.1 - Processos Markovianos Com Retornos	61
5.2 - Processos de Decisão Markovianos	62
5.3 - Duas Abordagens Para a Solução de PDM's	63
5.4 - O Método de Iteração de Valores	63
5.5 - O Método de Iteração de Políticas	64
5.5.1 - Considerações Preliminares	67
5.5.2 - Descrição do Método	68
5.5.3 - O Ciclo Iterativo	69
5.5.4 - Propriedades	70
5.6 - Casos Práticos de Processos de Decisão Markovianos	72
5.6.1 - Trabalhos em Áreas Diversas	72
5.6.2 - Aplicações nas Áreas de Compras, Vendas e Estoques	75

6	MODELAGEM BÁSICA DO PROCESSO	
	EXERCÍCIO DE APLICAÇÃO	78
6.1	- Introdução	78
6.2	- Estruturas Básicas do Processo	79
6.2.1	- Preços de Compra e Venda	79
6.2.2	- Níveis de Estoques	80
6.2.3	- Estados e Estágios do Processo	80
6.2.4	- Alternativas Para os Estados e Retornos por Transição	81
6.2.5	- Matrizes de Transição e Condicional	83
6.2.6	- Probabilidades de Transição de Estado	85
6.2.6.1	- Exemplos	86
6.3	- Resultados	87
7	PROPOSTA INICIAL PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA	
	A QUESTÃO DA SAZONALIDADE NA COMERCIALIZAÇÃO	89
7.1	- Introdução	89
	7.2 - O Fator de Sazonalidade	89
	7.3 - As Fases de Comercialização	90
	7.3.1 - Fase Favorável ao Comércio Externo	90
	7.3.2 - Fase Não Favorável ao Comércio Externo	91
	7.3.3 - Análise das Duas Fases Comerciais	91
7.4	- As Matrizes Relacionadas às Duas Fases	92
	7.4.1 - Matrizes Relativas à Fase Favorável	92
	7.4.2 - Matrizes Relativas à Fase Não Favorável	94
7.5	- Redefinição das Matrizes da Fase Não Favorável	95
7.6	- Matriz “Combinada” de Probabilidades de Transição	96
	7.6.1 - Análise do Fator α Pelo Índice de Contração	96

7.6.2 - Inaplicabilidade do Índice de Contração ao Problema	100
8 SOLUÇÃO DO PROBLEMA - FATOR LINEAR DE SAZONALIDADE SIMULAÇÕES DO PROCESSO COMERCIAL - RESULTADOS	103
8.1 - Introdução	103
8.2 - O Fator Linear de Sazonalidade - A Equação de α	103
8.3 - O Processo Otimizado	105
8.3.1 - As Políticas Otimizadas Geradas Durante o Processo Comercial	109
8.3.2 - O Ganho Esperado por Transição	110
8.4 - Simulações e Resultados	111
8.4.1 - Simulação do Processo Otimizado - Cooperativa A	112
8.4.2 - Simulação do Processo Não Otimizado - Cooperativa B	113
8.4.3 - Simulação do Processo Não Otimizado - Cooperativa C	117
9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	120
 ANEXO A	
SÉRIES HISTÓRICAS DE PREÇOS SEMANAIS DA SOJA EM GRÃO MERCADO EXTERNO E AO PRODUTOR	126
 ANEXO B	
POLÍTICAS ÓTIMAS PARA O PROCESSO COMERCIAL	137
 ANEXO C	
PROCESSO DE SIMULAÇÃO - RESULTADOS DE UMA REPLICAÇÃO	

RESULTADOS ESPERADOS 164

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 171

**Este trabalho é dedicado às memórias
de meu pai, Seu Odir e de minha irmã,
Prof^a Luiza Maria.**

AGRADECIMENTOS

Pretendo expressar nesta página os meus mais profundos agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para que este trabalho se efetivasse. Entretanto, preciso destacar de modo muito especial:

- O meu orientador, Prof. Antonio Galvão Novaes, por sua amizade e pela confiança em mim depositadas. Muito me honrou poder contar com a parceria e a genialidade de um pesquisador tão renomado como o Prof. Novaes. Sua presença foi fundamental na realização e no engrandecimento deste trabalho.

- A minha família, nas pessoas de minha mãe, de minha esposa e de meus filhos. A eles, também peço desculpas pelos muitos momentos em que lhes faltei com a merecida atenção.

- A Banca Examinadora, por seu elevado nível de qualificação e pelas críticas e sugestões apresentadas para o aperfeiçoamento do trabalho.

- A PUC-RS, pela licença que me foi concedida e por apostar na qualificação do seu corpo docente. Um destaque especial para os meus diretores, Prof^a Alaydes

S. Bianchi e Prof. Nilton F.R. Hack, que contribuíram para que eu pudesse concluir esta tarefa.

- Dois grandes amigos: Macul Chraim e Ademir A. Constantino que tive o grato prazer de conviver, de compartilhar idéias e que foram tão importantes nesta fase do doutorado.

- O CNPQ, pela indispensável ajuda financeira.

- ... e, antes de tudo, do bom Deus por ter colocado essas personagens no meu caminho e ter me proporcionado saúde e coragem para vencer mais este desafio.

LISTAS DE FIGURAS, QUADROS E GRÁFICOS

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1 - O “Agribusiness da Soja”, 3
- Figura 1.2 - Esquema Comercial da Soja em Grão, 9
- Figura 4.1 - Custos e Caminhos Para o Viajante, 42
- Figura 4.2 - Estrutura Básica de um Problema PDD, 45
- Figura 4.3 - Estrutura Básica de um Problema PDE, 46
- Figura 4.4 - Localização de $\pi(n)$ - 2 Estados, 55
- Figura 4.5 - Contração Para 2 Estados, 56
- Figura 4.6 - Contração Para 3 Estados, 57
- Figura 7.1 - Início do Processo Comercial, 97
- Figura 7.2 - Estacionariedade Durante a Fase Favorável, 98
- Figura 7.3 - Estacionariedade Durante a Fase Não Favorável, 98
- Figura 8.1 - As Duas Fases de Comercialização, 104
- Figura 8.2 - Os Pontos Semanais τ , 104

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 3.1 - Preços da Soja em Grão - Bolsa de Chicago, 38
- Gráfico 3.2 - Séries de Preços de Compra e Venda, 39
- Gráfico 7.1 - Fase Favorável, 90
- Gráfico 7.2 - Fase Não Favorável, 91
- Gráfico 8.1 - Representação de α , 106
- Gráfico 8.2 - Ganhos Esperados Semanais, 111

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Modos de Transporte (%)	20
Quadro 2.2 - Épocas de Colheita	23
Quadro 2.3 - Soja: Produção Mundial (em milhões de t)	24
Quadro 2.4 - Exportações: Soja em Grão (em milhares de t)	26
Quadro 2.5 - Evolução da Produção Brasileira	26
Quadro 2.6 - Os Principais Estados Produtores	27
Quadro 2.7 - Complexo Soja: Oferta e Demanda (em milhares de t)	28
Quadro 3.1 - Formação de v	34
Quadro 6.1 - Níveis de c e v	80
Quadro 6.2 - Níveis de e	80
Quadro 6.3 - Alternativas Para os Estados	82
Quadro 6.4 - Algumas Decisões Relativas à Política Ótima	88
Quadro 8.1 - Valores de τ , α e $(1 - \alpha)$	106
Quadro 8.2 - Os Tipos de Decisões nos Tempos τ e os Ganhos Esperados	109
Quadro 8.3 - As Decisões Otimizadas Para Alguns Estados	110
Quadro 8.4 - Resultados - Cooperativa A	113
Quadro 8.5 - Resultados - Cooperativa B	116
Quadro 8.6 - Resultados - Cooperativa C	119

1 INTRODUÇÃO, O PROBLEMA E A ESTRUTURA DO TRABALHO

1.1- Introdução

A nível mundial, a produção agrícola brasileira tem sido a responsável pela oferta de uma parcela significativa de proteínas e produtos alimentícios. Nesse contexto, assume um papel de relevância o chamado “complexo soja” constituído pelo trio: soja em grão e seus dois derivados, o farelo ou torta de soja e o óleo.

Nesta introdução, far-se-á primeiro um relato sobre a soja em si, suas origens, sua importância tanto como fonte proteica, alimentar, como matéria prima na indústria e o desenvolvimento de sua cultura a nível mundial e brasileiro. A seguir, será apresentado o problema enfrentado pelo intermediário na comercialização da soja em grão com o mercado externo, a abordagem matemática proposta, visando sua solução e, por fim, o delineamento que será dado ao trabalho.

1.1.1- A Soja e Sua Utilização na Agroindústria

Classificada botanicamente como *Glycine max* (L.) Merrill, a soja pertence à família *Leguminosae*, subfamília *Papilionoideae* e ao gênero *Glycine* L. (Nagata, 1972), compreendendo cerca de quinze espécies. É originária do sudoeste asiático, sendo nativa da Mandchúria com sua cultura concentrada em terras situadas a nordeste da República Chinesa. Há milênios, também já era cultivada no Japão e na Coreia.

Conforme as épocas e os países a soja teve utilizações variadas. Os chineses, mesmo nos períodos mais recuados de sua história, sempre atribuíram à soja um valor extraordinário, já que não seria possível assegurar à sua imensa população o suprimento indispensável de elementos proteicos sem o consumo desta leguminosa, tendo em vista que a carne e o leite eram de difícil obtenção. No mundo ocidental, foi inicialmente utilizada como adubo verde e como forragem e, graças ao reconhecimento da riqueza de seus grãos, hoje é uma cultura nobre.

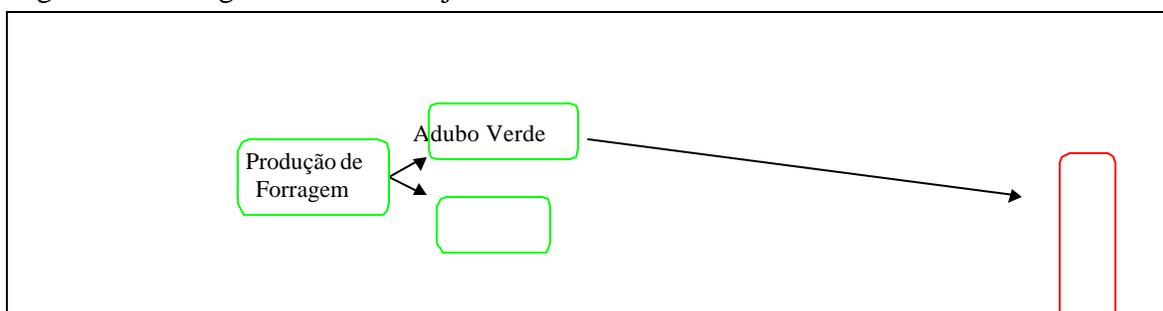
Fonseca (1997) faz uma sintética descrição sobre suas inúmeras utilizações. A transformação industrial dos grãos de soja possibilita a obtenção do óleo e de um resíduo - a torta - utilizada na alimentação animal. Esta operação, chamada trituração, tem lugar em diversas etapas: estando os grãos antecipadamente limpos e despídos de sua película externa, são amassados para a extração

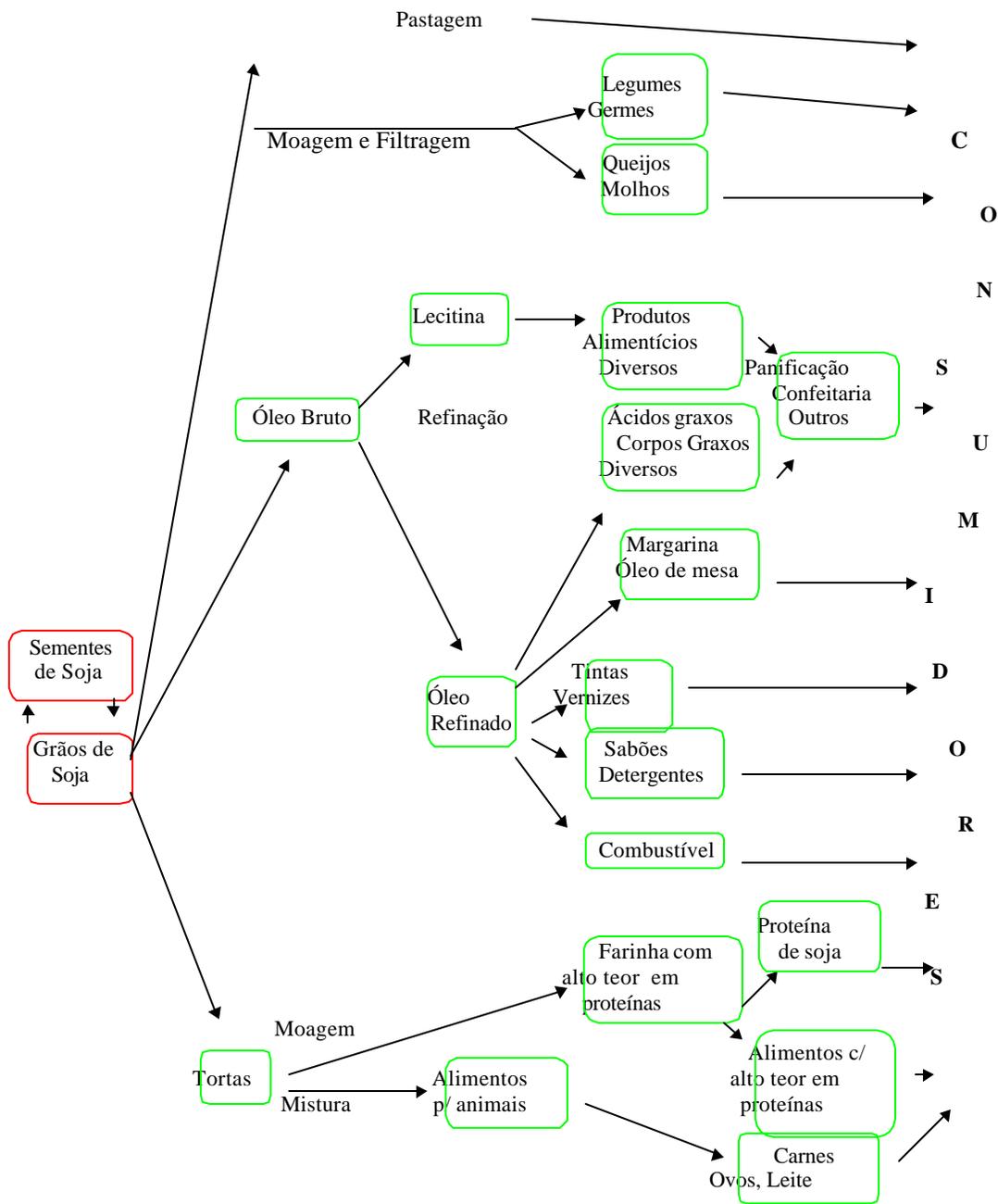
de grande parte do óleo. A torta obtida ainda é rica em óleo e, então, submetida à ação de solventes que carregam consigo os lipídeos residuais. Estes são, a seguir, separados do solvente e recuperados. Neste processo são obtidos, a partir de 100 kg de grãos, cerca de 72 kg de torta, 18 kg de óleo bruto, mais 10 kg de cascas e perdas.

A alimentação animal é a que mais se utiliza da torta produzida. Esta possui qualidades nutritivas tais, que ganharam a confiança dos criadores. Combina-se perfeitamente com o milho, permitindo atender às necessidades da maior parte dos animais através das rações simples milho-soja. Acrescente-se também que a torta de soja além de fonte proteica é uma fonte não desprezível de energia, já que 1kg de torta fornece tanta energia quanto a mesma quantidade de cereais.

O óleo bruto, obtido por trituração, é inicialmente refinado. Dele é extraída a mucilagem, o que permite separar as lecitinas do resto de seus componentes. A lecitina de soja, principal fonte de lecitina a nível mundial, é utilizada na indústria agroalimentícia para a confecção de produtos diversos, tais como doces, molhos, etc. O óleo é utilizado na fabricação de sabão, na indústria de tintas, vernizes, de tinta de imprensa, da glicerina, de lubrificantes, e até mesmo como combustível, misturado ao óleo mineral nos motores a diesel. Contudo, a utilização na alimentação constitui o maior mercado para o óleo de soja, que passando por alguns processos químicos, é utilizado na fabricação de óleo de mesa, margarinas, sorvetes etc. As indústrias agroalimentícias utilizam as farinhas e os concentrados de soja na panificação, na fabricação de salsichas e na alimentação infantil em substituição à farinha de trigo e ao leite em pó. Também são utilizadas no fabrico de alimentos para bezerros, cães e gatos. Processos tecnológicos permitem a obtenção do “bife de soja”, proteína vegetal texturada utilizada em substituição à carne, salsichas e hamburgers. A figura 1.1 fornece uma visão do que foi exposto acima.

Fig. 1.1 - O “Agribusiness da Soja”





Fonte: Fonseca (1997)

1.1.2 - O Desenvolvimento da Cultura da Soja

1.1.2.1- O “Feijão” de Henry Ford

No I Simpósio Nacional da Soja, ocorrido em Porto Alegre, em 1975, o Eng.^o Agr.^o Valdir Izidoro Silveira fez uma breve narrativa sobre os primórdios e o desenvolvimento dessa cultura. Segundo Silveira, a primeira menção da cultura do “sou”, mais tarde “soy” e “soja”, encontra-se em um documento chinês do ano 2207 A.C. O botânico alemão

Engelbert Kaempfer trouxe-a do Japão para a Europa em 1683 e o austríaco Friedrich Hamberlandt, em 1873, criou quatro sementes adaptadas às condições climáticas da bacia do Danúbio. Nessa época, a soja era tão estranha à América do Norte quanto à Europa. Foi só em 1889 que a estação agrícola experimental de Massachussetts se interessou pelo chamado “japan-pea” (ervilha japonesa). O Eng.^o Agr.^o W. Carver selecionou três tipos de grãos e semeou-os no Kansas. Já no começo do século, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos catalogou 10.000 variedades de soja após um estudo na Ásia e na Europa. Anos mais tarde, o “soybean” (feijão de soja) adquiriu um inesperado apelido: “feijão de Henry Ford”. O famoso industrial percebera as múltiplas propriedades e as numerosas utilizações (até na indústria automobilística) da planta que, há 5.000 anos, vinha fornecendo energia muscular aos asiáticos. O desenvolvimento da cultura da soja foi uma das tarefas às quais se consagrou a Fundação Ford. Percebeu-se que a soja não era uma planta misteriosa, mas um feijão comum que crescia na maioria dos climas, desde a Mandchúria, que passa periodicamente por extremos de frio e calor, às estufas quentes da Luisiania e do Mississipi. Podia ser irrigada com proveito e adaptava-se ao meio por um trabalho de seleção e hibridação, como é o caso de todos os vegetais de cultivo racional. Não há planta que se iguale à soja quanto ao teor de proteínas. Como também afirma Silveira, é uma “carne” que cresce nos campos.

1.1.2.2 - Fase de Expansão

Brum (1993) enfatiza a chamada fase de expansão da soja no século XX, que se dá entre os anos de 1900 a 1945. As principais características dessa fase são a forte presença da China no mercado mundial e a consolidação do mercado interno da soja nos Estados Unidos. No século XIX, a China era o principal produtor de soja no mundo e, até 1950, conservou-se como o principal exportador. Entretanto, a partir de 1923, a produção iniciava-se nos Estados Unidos e voltada para o mercado interno, o que é uma característica importante, pois, 30 anos mais tarde, a produção de soja no Brasil e em seguida na Argentina, tem um objetivo oposto, isto é, o fornecimento ao mercado internacional.

Em 1949, a Revolução Chinesa ao fechar as fronteiras comerciais da China, suspendeu as exportações de soja conservando-a para seu próprio consumo e, por conseqüência, deixando livre o mercado mundial. Nesse momento, a produção americana já estava

preparada para assumir o primeiro posto nas exportações mundiais, tornando a soja uma das pontas de lança do expansionismo agrícola americano. Por sua vez, a modernização agrícola européia, estimulada pelo plano de reconstrução da Europa Ocidental e do Japão, o chamado Plano Marshall, tornava a Europa a mais importante consumidora da soja americana (Bertrand *et al.*,1987). Conforme Brum (1993), em 1973, 62% dos farelos consumidos na França eram originários da soja e importados, na maior parte, dos Estados Unidos. O preço da soja torna-se, então, o preço diretor para o conjunto das proteínas vegetais e a Bolsa de Chicago se transforma no centro mundial dos negócios para a soja e seus derivados.

1.1.2.3 - A Soja no Brasil

A soja foi trazida para o Brasil por colonos japoneses por volta de 1908. No início, representava uma cultura sem importância, marginal, já que as atividades tradicionais das famílias rurais, principalmente no sul do Brasil, eram o milho e o porco. A banha e a carne de porco eram destinados à comercialização nos grandes centros urbanos do país. A banha tinha como destino as capitais dos Estados e também o exterior, permitindo assim que a suinocultura contribuísse para o desenvolvimento de uma indústria local de transformação.

Quanto à soja, ela começa a aparecer nas pequenas e médias propriedades já durante as décadas de 40 e 50 em consorciação com o milho, mas sua utilização se resumia, sobretudo, na alimentação de suínos. Somente a partir da década de 60, quando a modernização da agricultura ganha terreno e os preços do porco caem sensivelmente, é que a soja começa a assumir um papel comercial significativo junto ao meio rural do sul do país (Brum, 1993).

O ano de 1973 foi determinante na entrada do Brasil no rol dos maiores produtores mundiais. Neste ano, foram intensificadas as compras soviéticas sobre o mercado mundial de cereais. Tais compras forçaram um aumento dos preços em geral e sobretudo no interior dos Estados Unidos. Para evitar uma aceleração da inflação interna, o governo americano decidiu a suspensão das exportações de soja. Embora tenha sido um embargo de rápida duração, o mesmo veio encontrar a Europa e o Japão comprometidos de maneira quase irreversível com o consumo de soja. No correr dos anos, suas criações tornaram-se

extremamente dependentes da soja americana e nenhuma outra fonte de proteínas poderia substituí-la rapidamente. Era necessário diminuir essa dependência e buscar novos parceiros (Bertrand *et al.*, 1987). Com o embargo, os preços da soja subiram acentuadamente e jamais voltaram aos níveis anteriores. Esse fato acabou estimulando a entrada de novos países como o Brasil e a Argentina na concorrência da soja americana, tanto no desenvolvimento da produção, como na instalação de indústrias de trituração nesses dois países.

Nessa ocasião, o Brasil já produzia em torno de 4 milhões de toneladas e compreendeu que tinha nas mãos um produto de extrema importância. Basicamente, por três motivos: primeiro, porque existia um mercado comprador, que, a partir de 1973, passou a nos buscar com mais intensidade; segundo, porque a geração de divisas com as exportações auxiliariam no pagamento do petróleo e de máquinas, tão necessários à modernização do país e, por fim, o mercado externo que solicitava sobretudo o farelo de soja, permitindo a rápida instalação de um parque moageiro no Brasil, que além de agregar valor à produção, favoreceria a produção de óleo de soja para o abastecimento interno (Brum, 1993).

Outros dois fatores favoreceram a expansão das exportações brasileiras: a alternância entre a safra no hemisfério norte, colhida entre setembro e novembro nos EUA e a do hemisfério sul, colhida entre março e maio no Brasil, ou seja, a oportunidade de ofertar o produto na entressafra americana e a melhor qualidade do farelo brasileiro em relação ao americano (Aguiar & Marques, 1993).

1.1.3 - As Grandes Regiões Produtoras e Exportadoras

Hoje, são três as grandes regiões produtoras e exportadoras de soja: os EUA, o Brasil e a Argentina. Segundo a revista Safras&Mercado (n.916, 1996), os EUA ocupam a primeira posição mundial e produziram em 1996 cerca de 58 milhões de toneladas. O Brasil ocupa a segunda posição, produzindo em torno de 23 milhões de toneladas, ficando a safra argentina próxima dos 13 milhões de toneladas também em 1996. A China, que foi a grande produtora e exportadora no passado, hoje, além de importar, consome praticamente toda a soja que produz.

1.2 - O Problema

A revista *Agroanalysis* em sua edição de Fevereiro de 1997, baseada em dados do Departamento de Comércio Exterior (DECEX), registrou o total obtido com as exportações brasileiras com o complexo soja na safra de 95/96: US\$ 4,5 bilhões. Este valor representa cerca de 9 % da pauta das nossas exportações. Desse total exportado, cerca de US\$ 1,01 bilhões foram na forma de grão, US\$ 2,7 bilhões na forma de farelo e US\$ 690 milhões na forma de óleo. Estes números indicam o peso do complexo soja na economia brasileira e, por consequência, a importância da sua comercialização com o mercado externo.

Segundo Aguiar & Marques (1993), o processo de exportação da soja nacional é realizado em função do tipo de produto exportado. O farelo e o óleo, via de regra, são exportados pelas próprias indústrias de processamento, enquanto a soja em grão é exportada por cooperativas, indústrias ou agentes exportadores. Estes últimos podem adquirir o produto diretamente dos produtores, dos atacadistas e das cooperativas.

Este trabalho é dirigido à comercialização da soja em grão com o mercado externo. Como na maioria dos processos comerciais, os agentes aqui envolvidos são os produtores, os intermediários e os consumidores finais. Os produtores são aqueles que realmente plantam e colhem o produto e os consumidores finais serão, aqui considerados, os importadores externos.

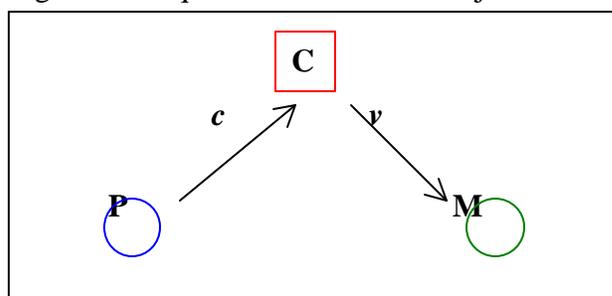
Considere-se agora o intermediário. Sem a sua presença no processo comercial como elo de ligação entre os produtores e o mercado externo, os negócios raramente se efetivariam. Os produtores, excetuando talvez os grandes fazendeiros, via de regra, não vendem diretamente suas produções para o exterior, pois raramente possuem uma estrutura comercial que lhes permita produzir, armazenar e comercializar (no caso, exportar). Portanto, a necessidade de um agente com o *know-how* necessário para colocar a produção junto ao consumidor final. As cooperativas de comercialização de grãos, os atacadistas e os exportadores fazem isso, sendo os intermediários nesse processo.

A preocupação que atinge o empresariado do setor é que, num ambiente de preços variáveis, as decisões quanto à compra e venda de grãos, tomadas num dado momento, possam resultar em baixos ganhos ou até prejuízos tanto atuais como futuros. Isso ocorre com freqüência, sendo muitas vezes responsável pela falência de cooperativas e produtores. Os empresários que têm uma visão estratégica e voltada para o futuro da empresa, preocupam-se em tomar decisões no presente que venham proporcionar, a longo prazo, os maiores ganhos esperados.

Em princípio, este é um problema de difícil solução, não só devido a sua natureza dinâmica, mas, basicamente, pelo alto grau de especialização e conhecimento exigidos daqueles que decidem no processo, sem contar a carência das informações que chegam aos decisores sobre tudo o que possa envolver ou afetar o comportamento do mercado principalmente a nível externo.

Este trabalho visa servir de auxílio a uma cooperativa que comercializa a soja em grão com o mercado externo. Ele aborda o problema das tomadas de decisões no tempo de um modo mais direto e mais adequado ao grau de conhecimento do mercado da maioria de nossas cooperativas comerciais. Considere-se, por exemplo, uma cooperativa **C** que atua na comercialização da soja em grão com o exterior. Ela adquire a soja dos seus produtores associados **P** a um preço c , armazena e a vende no mercado externo **M** a um preço v como na figura abaixo:

Fig.1.2 - Esquema Comercial da Soja em Grão



Os valores de c e v variam ao longo do tempo e dependem de vários fatores. Na abordagem a ser dada a este problema, um mínimo é exigido do decisor: apenas os preços

c , v e os níveis de estoques correntes. Assim, define-se o problema da comercialização da soja do modo seguinte:

“ Uma cooperativa de comercialização de grãos conhece as cotações semanais da soja em grão a nível de produtor, a nível externo e o seus estoques. A partir desses valores, ela deve decidir semanalmente o que fazer: comprar, vender e em que quantidades ou simplesmente aguardar, a fim de que seus ganhos semanais esperados sejam os maiores possíveis a longo prazo.”

A abordagem e o tratamento a este problema serão dados em dois momentos. Num primeiro momento, estará se apresentando em forma de um exercício uma versão inicial do caso, onde o problema é estruturado quase que na sua totalidade. As definições das estruturas matemáticas envolvidas, a aplicação do método escolhido e uma primeira solução são apresentados. Esta primeira abordagem trata, portanto, da estruturação e do entendimento do caso. Após, será analisado o caso real e objetivo deste trabalho de tese, onde se incorporará às estruturas já definidas anteriormente a questão da sazonalidade na comercialização da soja. Este é um ponto fundamental, pois aliado ao método proposto, torna a metodologia escolhida na abordagem do problema sobretudo original. O caso é tratado como um problema de Programação Dinâmica, onde as decisões são tomadas ao longo do tempo com um objetivo a ser otimizado. Mais particularmente, tem-se um Processo de Decisão Seqüencial Markoviano.

1.3 - Importância e a Estrutura do Trabalho

Não obstante este trabalho estar dirigido ao caso da soja, sua modelagem e o método proposto pode vir a abranger outras culturas agrícolas com sistema de comercialização semelhante. A importância do trabalho, porém, está não só na amplitude do mesmo, mas principalmente, por sua relevância econômica e social. Muito embora se esteja aqui limitando-se à análise do comércio da soja em grão apenas com o mercado externo, a solução que otimiza os ganhos de uma cooperativa de comercialização agrícola, otimiza também os ganhos dos seus agricultores associados, que muitas vezes vêm o resultado dos seus esforços perderem-se em quebras de safras ou em empréstimos bancários. O empobrecimento da classe rural gera a desmotivação para a atividade agrícola e, aos

poucos, a inevitável fuga do campo, cooperando com o agravamento da crise social que vive o país.

Quanto à estruturação do trabalho, o texto organiza-se da seguinte forma:

O capítulo 2 trata do processo de comercialização dos produtos agrícolas, onde é ressaltada a importância do domínio das informações sobre tudo o que venha a envolver o comércio dos produtos, dando-se ênfase à soja. São apresentados os corredores de transporte que escoam a produção nacional e também a questão da armazenagem com os problemas inerentes a essas duas áreas e que prejudicam a competitividade da soja nacional em relação aos outros países exportadores. Também são apresentados os mercados interno e externo para a soja juntamente com as produções a nível mundial e brasileiro.

No capítulo 3, são tratados os preços da soja em grão a nível de produtor e a nível externo; o papel das Bolsas de Mercadorias na formação desses preços e as definições dos preços de compra e venda, fundamentais nesse trabalho. Também são apresentadas as séries históricas desses preços.

Como esse trabalho trata de um problema onde as decisões são tomadas seqüencialmente, o mesmo tem sua estrutura básica alicerçada nos conceitos de Programação Dinâmica. No capítulo 4, são apresentadas as idéias básicas desta técnica matemática e define-se os Processos Markovianos com as propriedades e os conceitos inerentes a eles. Esses processos são então identificados com o caso em análise.

O capítulo 5 trata dos Processos de Decisão Markovianos, onde a introdução de alternativas para as decisões tomadas passam a ser consideradas, assim como os retornos advindos dessas decisões. É apresentada a metodologia utilizada no caso em análise e o desenvolvimento do método iterativo proposto para a otimização do processo. Também são apresentadas várias sínteses de trabalhos constantes na literatura especializada, envolvendo casos práticos e que foram modelados como Processos de Decisão Markovianos.

O capítulo 6 trata da modelagem do processo, objetivando a aplicação do método de Howard. Com a finalidade de se adquirir uma maior familiaridade com esta metodologia e os elementos nela inseridos, foi desenvolvido um exercício de aplicação como uma versão inicial do problema proposto. Embora não correspondendo ao caso em análise, foram elaboradas para o exercício as principais rotinas computacionais necessárias à implementação do método com os dados reais já sendo utilizados na sua solução.

Os capítulos 7 e 8 são destinados ao caso real, objetivo deste trabalho de tese. O problema é abordado valendo-se de toda a estruturação definida no capítulo 6, mas incorporando ao modelo a questão da sazonalidade na comercialização da soja. Isso será realizado através de um parâmetro ou fator, que traduza ou quantifique o peso sazonal na comercialização. Duas maneiras distintas foram tentadas no sentido de se definir esse fator. No capítulo 7, buscou-se explorar uma importante propriedade dos processos markovianos, mas, no entanto, revelou-se não aplicável para este caso específico. Apesar disso, o autor optou por sua inclusão no trabalho, pois o método tentado trata-se de uma contribuição que poderá ser utilizada na análise de outros processos com características semelhantes a este.

O capítulo 8 é destinado à solução do problema proposto e aborda de outra forma o fator de sazonalidade já tratado no capítulo 7. Define-se uma equação para esse fator, cuja dependência temporal irá permitir, ao longo do processo comercial, a geração de políticas que nortearão as decisões ótimas a serem tomadas. O processo otimizado é obtido. Também são definidas políticas alternativas distintas da ótima e passíveis de serem seguidas por empresas do setor. Rotinas computacionais são implementadas e simulam os processos otimizado, não otimizados e os resultados são apresentados.

O capítulo 9 trata das conclusões e recomendações finais.

Fazem parte do trabalho três Anexos. No Anexo A, constam as séries semanais de preços da soja em grão a nível externo e ao produtor no período de agosto de 1992 a julho de 1996. Também apresenta essas mesmas séries, mas separadas conforme as respectivas fases de comércio com o exterior. O Anexo B apresenta as políticas ótimas obtidas em

vários pontos no tempo com os seus respectivos ganhos esperados. O Anexo C traz amostras das simulações do processo comercial para três cooperativas e relativas aos processos otimizado e não otimizados. Replicações e resultados financeiros esperados para essas amostras são apresentados neste Anexo.

O capítulo 10 destina-se à bibliografia utilizada.

2 COMERCIALIZAÇÃO AGRÍCOLA

2.1 - A Importância da Informação

O sistema de comercialização agrícola é responsável pela ligação entre produtores e consumidores. É ele que permite que os produtos sejam adquiridos pelos consumidores na forma, local e momento desejados. Dependendo do enfoque e da amplitude que se queira dar, pode-se definir a comercialização agrícola como:

- a série de funções ou atividades de transformação e adição de utilidade, onde bens e serviços são transferidos dos produtores aos consumidores (Barros, 1987). Aqui, o autor destaca o aspecto produtivo da atividade que transforma bens e produtos agrícolas em estado bruto em bens e produtos capazes de produzir satisfação ao consumidor.
- a concentração de um produto originalmente disperso, entre um grande número de produtores para uma posterior distribuição, a um grande número de consumidores igualmente dispersos geograficamente (Liebhardt, 1980). Aqui, é enfatizada a componente espacial da comercialização.
- tudo o que acontece com um produto agrícola durante sua caminhada, desde a propriedade rural, até chegar a ser consumido pelas pessoas na cidade (Brum, 1987). Uma conceituação singela e bastante ampla. Também de Brum: não apenas o ato de comprar e vender, mas, também, a consciência de viabilizar economicamente o resultado de uma produção que, para chegar a resultados compensadores, necessita de informações. Este último conceito focaliza a necessidade da comercialização agrícola ser um processo gerador de riqueza, apoiado numa estrutura informacional. Nesse caso, as pessoas envolvidas precisam saber:
 - quem consome o produto produzido, em que quantidades, época e lugar;
 - quem são os concorrentes;
 - o nível de renda dos consumidores;
 - as decisões e políticas econômicas dos países produtores e consumidores;

- as políticas agrícolas e econômicas do governo para que se possa decidir sobre área de plantio, colheita e comercialização;
- como estão os produtos substitutos em relação ao que vai se comercializar;
- a influência do clima na própria produção e na dos concorrentes, a fim de se quantificar a oferta em cada temporada;
- se o produto é de mercado interno e/ou externo e, assim, definir as influências que seu mercado possa receber.

É difícil para o nosso pequeno e médio produtor rural ter acesso a esse nível de informação, quanto mais analisá-las e interpretá-las corretamente. Sua preocupação é com o plantio, com o clima, com o custeio da produção a vencer. Assim, ele associa-se a uma cooperativa e transfere a ela a responsabilidade de bem comercializar a sua produção. A rigor, a cooperativa deverá possuir uma estrutura informacional necessária para isso. Na prática, nem sempre é assim. A responsabilidade de decidir o momento de comercializar o produto geralmente é do produtor, que, mal informado, não raramente perde ou deixa de auferir ganhos maiores.

Para se ter uma idéia da importância da posse de informações nessa área, em abril de 1996, especialistas e técnicos reuniram-se em Porto Alegre para o 7º Fórum Nacional da Soja. As definições do encontro iriam permitir uma linha de raciocínio mais clara para os produtores, cooperativas e indústrias. Com uma colheita razoavelmente inferior à da safra anterior (94/95), com dívidas a pagar e sem caixa, os produtores queriam ouvir dos analistas o que fazer com a produção que estava sendo colhida. Qual o momento de vender? Foram então recomendados que não se desfizessem da safra naquele momento, pois a procura iria aumentar e os preços internacionais se elevariam a partir do segundo semestre (Zero Hora, 1996). Não obstante ser coerente e lógico esperar por preços melhores para comercializar a produção, a recomendação dos técnicos traz um problema, principalmente, para os pequenos e médios produtores: como esperar os preços se elevarem, mantendo a produção armazenada por um prazo mais longo para quem já está descapitalizado? Sem falar no custeio agrícola (empréstimos bancários para o financiamento da produção) que vence em junho/julho. De qualquer forma, os produtores nesse Fórum estavam buscando informação.

Sem dúvida, quem possui o domínio das informações negocia bem a produção. Ocorre que apenas parte delas chegam ao público interessado. No caso da soja, no âmbito do sistema comercial estão as grandes indústrias de processamento e os bancos que financiam todo o sistema. As maiores indústrias de processamento são, na grande maioria, as multinacionais da trituração. São estruturas imensas que, verdadeiramente, dominam o mercado. Localizam-se no mundo todo: EUA, Brasil, nos países da CEE e CEI, Japão, Coreia e Formosa. Algumas delas dominam o mercado na América e Europa Ocidental, como a Cargill, a Anderson Clayton, a Continental Grain, a Ralston Purina, a Bunge & Born estas americanas, a Unilever na Grã-Bretanha e Holanda. No Rio Grande do Sul, por exemplo, a Bunge & Born atua sob o conhecido nome de Samrig.

Segundo Bertrand *et al.*(1987), essas empresas, dedicadas à trituração, diferenciam-se pelo que produzem: alimentos para o gado e criações a partir do farelo de soja ou produção de margarinas e molhos a partir do óleo, por exemplo. Elas não cultivam a soja diretamente, mas, muitas vezes, interferem no nível de produção pelo fornecimento de sementes, adubos, pesticidas, etc. Para isso, contam com grandes estruturas comerciais de pesquisa, de coleta e transmissão de dados sobre o mercado mundial de produtos agrícolas. Dispõem ainda de uma estrutura de marketing que cria a imagem da empresa e facilitam alianças com grupos sociais e interesses econômicos. Tudo isso, permite a essas empresas o controle de parte da trituração e da comercialização.

As cooperativas brasileiras defrontam-se no mercado da soja com essas estruturas gigantescas. São as compradoras da nossa soja e as grandes controladoras do mercado, pois, acima de tudo, detêm o controle informacional. Desta forma, torna-se mais acentuada a importância de trabalhos que venham a auxiliar os produtores e as suas cooperativas no momento da comercialização da safra, onde, geralmente as decisões são tomadas baseadas em reduzidas informações.

2.2 - O Uso de Modelos no Trato da Comercialização

Um fato curioso deve ser observado e refere-se sobre a razoável dose de incredulidade das pessoas que atuam no setor, quanto à aplicações de modelos que visem servir de auxílio nas tomadas de decisões. O autor constatou isso em alguns contatos mantidos com o pessoal envolvido na área. A falta de uma compreensão maior sobre modelagem matemática, certamente

é uma das razões para isso. Geralmente, os produtores e cooperativas buscam nos mercados futuros a oportunidade de garantirem uma boa comercialização das suas safras. Isso no entanto requer uma razoável dose de conhecimento da área que, invariavelmente, os nossos produtores não possuem. As próprias cooperativas muitas vezes recorrem às empresas de corretagem, buscando esse tipo de apoio técnico que, no final, representa custos adicionais.

Fez-se uma revisão na bibliografia especializada no sentido de se verificar se algum problema já havia sido definido e tratado de forma semelhante a este. Buscou-se na literatura trabalhos relativos a problemas envolvendo compras, vendas e estoques de produtos, com o mesmo tratamento “estocástico-markoviano” dado a este caso. No capítulo 5, são apresentados vários desses trabalhos e cujos processos são tratados nessa mesma linha de abordagem. Esta revisão, no entanto, não encontrou casos como este em análise ou num grau de semelhança tal que viesse justificar o abandono dessa forma de tratamento.

Existem, evidentemente, outras formas de tratar casos semelhantes a este. Podem ser citados dois trabalhos de autores brasileiros: Sousa & Marques (1995) apresentam um modelo simples de abordagem para o caso de um produtor rural que deve decidir se vende a sua produção de milho por ocasião da colheita ou a armazena e vende numa data futura. É realizada uma análise da variação sazonal dos preços para uma previsão de preços futuros, sendo utilizados alguns fundamentos de análise conjuntural. Já, o trabalho de Mendes & Larson (1982) faz uma análise econômica de várias estratégias para a comercialização da soja, envolvendo operações tanto no mercado futuro como no mercado à vista (disponível). O objetivo é otimizar a renda esperada sob a condição de preços instáveis. Foi utilizado um modelo de programação quadrática, onde é incorporado, na função objetivo, um fator que procura captar o grau de aversão ao risco do produtor.

2.3 - Transportes e Armazenagem na Comercialização Agrícola

2.3.1 - Os Corredores de Transportes

O binômio transporte-armazenagem constitui-se numa peça fundamental no processo de comercialização da produção agrícola nacional, pois acham-se interrelacionados na tarefa de suprir os centros de beneficiamento e de demanda da produção. Um sistema de transportes, bem articulado com centros de armazenagem logicamente localizados,

considerando os portos existentes para o escoamento da produção, contribuem no sentido de fazer chegar a produção agrícola a custos competitivos no mercado internacional, contribuindo para um incremento na renda dos produtores.

Em 1994, o Ministério dos Transportes através da Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), em convênio com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), realizou um estudo no âmbito de Corredores de Transportes com o objetivo de identificar eventuais disfunções no escoamento de grãos agrícolas, visando definir uma estratégia de investimentos de curto, médio e longo prazos. A área de interesse nesse estudo compreendeu a quase totalidade do território nacional, mais particularmente, as regiões onde se concentra com maior expressividade a produção ou a demanda de grãos. A seguir, passa-se à transcrição de alguns pontos desse estudo.

No contexto do referido trabalho, define-se Corredor de Transporte como um conjunto coordenado de meios e facilidades que, ao longo de determinados eixos de circulação, viabilizam a movimentação de cargas em escala econômica. Assim definido, um corredor de transporte apresenta como componentes básicos toda a infra-estrutura viária, os veículos, equipamentos e terminais, os meios de operação e de gerenciamento, enfim tudo o que esteja relacionado ao transporte, vinculado com as atividades de coleta, escoamento, armazenagem e distribuição. Por trás disso, está a idéia de organizar a movimentação de cargas com base em rotas, que beneficiadas pela concentração de ações e investimentos, permitam gerar economias de escala na produção dos serviços de transporte, trazendo maiores benefícios aos usuários e menores custos para a sociedade como um todo.

Foram analisados os corredores do Rio Grande, Paraná/Santa Catarina, Santos, Centro-Leste, Rio de Janeiro, Norte e Nordeste, juntamente com os respectivos subsistemas rodoviário, ferroviário e portuário. Destacam-se os quatro primeiros corredores como os responsáveis pelo escoamento da maior parte da riqueza agrícola nacional. Atualmente, o Corredor do Norte vem ganhando notoriedade e importância pelo alargamento da fronteira agrícola brasileira em direção ao norte do Brasil. Como ilustração, descreve-se sucintamente os quatro primeiros corredores, considerados os mais importantes.

A área de influência do Corredor do Rio Grande constitui a região produtora de grãos compreendida entre as cidades paraguaias de Ciudad del Este, Assunción e Encarnación, o nordeste argentino e o estado do Rio Grande do Sul. Apresenta uma malha de transporte densa, bem distribuída e tem como finalidade primordial a exportação através do porto da cidade de Rio Grande - RS. A soja em grãos e derivados, arroz, fertilizantes, calçados, fumo e carvão são os produtos de fluxos mais significativos na região.

O Corredor do Paraná/Santa Catarina abrange os estados do Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, bem como a região paraguaia que se estende de Assunción até a fronteira do Brasil. Sua principal função é o escoamento das cargas destinadas ao mercado interno e à exportação pelos portos de Paranaguá-PR e São Francisco do Sul-SC. Nota-se que na região de abrangência localiza-se o maior parque moageiro do país que absorve grande parte da produção e gera farelo de soja para a exportação. Também granéis agrícolas, fertilizantes, papel, celulose, álcool e derivados de petróleo são os principais fluxos transportados no corredor.

A região que compõe a área de influência do Corredor de Santos compreende os estados de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, parte de Goiás e o Triângulo Mineiro. Essa área caracteriza-se pelo fato de abranger o centro industrial mais importante do país e regiões das mais férteis, vocacionadas quase que integralmente para a agropecuária. Assim os principais fluxos de carga são os granéis agrícolas, derivados de petróleo, minério de ferro, fertilizantes e produtos industrializados. A malha de transporte desse corredor converge para o porto de Santos e cumpre suas funções visando a exportação pelo referido porto e o abastecimento do mercado interno.

Os estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Rondônia e o sudoeste e o sul da Bahia compreendem a área de influência do Corredor Centro-Leste. Os principais fluxos de cargas nesse corredor visam a exportação pelo complexo Portuário de Vitória (ES) e o abastecimento do mercado interno. São transportados minério de ferro, soja e milho, carvão mineral e vegetal, produtos siderúrgicos, ferro gusa, celulose etc.

Constatou-se ao longo do estudo realizado que a forma unimodal ou às vezes segmentada como se processa a movimentação de grãos e insumos agrícolas, mostra-se inadequada, contribuindo de forma desfavorável na formação dos custos finais dos produtos e, conseqüentemente, no seu poder de competição junto ao mercado internacional. As disfunções observadas resultam, em grande parte, da ausência de mecanismos institucionais que induzam a opção pela multimodalidade, pois, geralmente existem questões burocráticas, interesses conflitantes e a falta de incentivos que dificultam a integração dos modais.

As dificuldades são também encontradas nos próprios modais. No subsistema rodoviário, as más condições de grande parte da malha em operação, com deficiências de conservação, falta de sinalização, existência de pontos com ausência de 3ª faixa, contribuem para o aumento de custos e tempos de viagem.

No subsistema ferroviário, tem-se também algumas distorções nos modelos tarifários que, com freqüência, penalizam o usuário envolvido com diferentes ferrovias; a operação compartilhada entre trens de carga e de passageiros de subúrbio em algumas regiões metropolitanas; a ausência de programações prévias que evitem perdas acentuadas de tempo na interface entre ferrovias operadas por empresas diferentes e a crescente imobilização de locomotivas e vagões em detrimento de uma oferta de capacidade mais estável.

No subsistema portuário, o excessivo tempo de permanência dos navios no aguardo de atracação e nas operações de carga e descarga, contribui para os elevados custos de movimentação nos portos nacionais; a falta de áreas no retroporto, equipadas com instalações e recursos de armazenagens que permitam regular melhor o fluxo da carga destinada à faixa portuária; a falta de programas sistemáticos de recuperação e de manutenção preventiva para os equipamentos portuários.

2.3.2 - Comparativo de Custos no Transporte da Soja

Os custos de comercialização da soja nos Estados Unidos são inferiores aos do Brasil e da Argentina. Fonseca (1997) aponta como causa a presença de meios de transporte mais

baratos, melhores condições portuárias e menor imposto de comercialização. O Brasil paga 100% e 87% a mais que o frete por tonelada do grão de soja pago pelos exportadores americanos e argentinos respectivamente. Com relação às despesas portuárias, estas ficam cerca de 133%, a mais, do que nos portos americanos e argentinos para o grão. No Brasil, também são grandes as distâncias entre os centros produtores às indústrias de processamento e aos portos de exportação. A modalidade predominante é a rodoviária e a de maior custo. O quadro 2.1 apresenta um comparativo entre os modos de transportes utilizados no escoamento da produção de soja no Brasil e nos Estados Unidos.

Quadro 2.1 - Modos de Transporte (%)

	Hidrovia	Ferrovias	Rodovia
Brasil	5	28	67
EUA	61	23	16

Fonte: Agroanalysis (n. 9, 1996)

Observa-se acima as opções brasileira e americana, praticamente opostas em relação aos modos hidroviário e rodoviário. A maior parte da soja americana é embarcada nas regiões produtoras e desce o Rio Mississippi em direção ao porto de New Orleans, no Golfo do México, para rumar aos países importadores. Isso a um custo bastante inferior comparado a nossa opção rodoviária. No Brasil, segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE,1993), na região Centro-Oeste, por exemplo, os custos em transportes ascendem a US\$ 45,00/t; já na região Sul/Sudeste, esses custos são menores chegando a US\$ 35,00/t em distâncias que variam entre 900 e 1600 km. Nos Estados Unidos, o custo por tonelada para distâncias até 1.500 km é de US\$ 15,00 na opção por hidrovia. O Brasil poderia valer-se muito mais da pujança de seus rios e bacias navegáveis no transporte da sua produção agrícola, assim como investir maciçamente na utilização da intermodalidade, o que contribuiria em muito na redução dos custos.

2.3.3 - Armazenagem

O sistema de armazenagem está diretamente ligado ao sistema de transportes, pois funciona como um regulador deste. Não é possível executar uma política agrícola de abastecimento e

de transporte sem uma política de armazenagem que permita o deslocamento racional da produção e dos insumos.

Segundo Liebhardt (1980), sob o ponto de vista econômico, a armazenagem é parte integrante de uma operação comercial eficiente pois aumenta o nível de eficiência do fluxo comercial e transporta o produto no tempo, possibilitando, através da retenção do mesmo, a participação do produtor das etapas e das épocas mais compensadoras da comercialização. É importante salientar que não são muitos os produtores que conseguem tirar proveito desse benefício, pois, muitas vezes com dívidas a saldar e compromissos bancários vencendo, são obrigados a negociarem suas produções até mesmo antes de serem plantadas. Para eles, suas produções “fluem” pelos armazéns de forma bastante rápida.

Ao serem realizadas as colheitas, os grãos devem passar pelas operações de limpeza e secagem dentro de poucos dias, para que sejam evitadas perdas. Normalmente, é pequeno o número de agricultores com escala de produção e habilitação adequadas para essas operações na propriedade. Assim, a produção é transportada diretamente das colheitadeiras a alguns locais da região, onde existem os grandes armazéns que realizam as operações de secagem, limpeza e armazenagem. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB,75/92), a capacidade de armazenagem nas propriedades rurais brasileiras, não ultrapassa os 5% da capacidade total, em contraste com os Estados Unidos e a Argentina que armazenam nas próprias fazendas, respectivamente, 62% e 35% dos seus espaços totais de armazenagem.

Wright (1980) acentua que principalmente nas épocas de pico da colheita, a falta de espaço nos armazéns para acolher a produção obriga os agricultores a utilizarem meios menos adequados como galpões, armazéns infláveis ou o depósito dos grãos no próprio solo com cobertura plástica. O uso das carrocerias dos caminhões como “depósitos provisórios” é uma prática também utilizada, sobrecarregando nesse caso o sistema de transportes. De qualquer modo, isso resulta em perda de grãos e, portanto, prejuízo. A inadequada capacidade de armazenagem também motiva o transporte dos grãos em épocas não muito próprias com tarifas elevadas e/ou baixos preços de mercado, assim como a ocorrência de congestionamentos nos terminais de recepção. Estas são algumas das dificuldades

enfrentadas, não raras vezes, pelos que atuam na produção e comercialização agrícola brasileira.

Uma tentativa para a solução desse problema seria a de suprir as regiões produtoras com armazéns apropriados, talvez não tão grandes, mas localizados mais próximos dos agricultores e em número suficiente para atender de forma adequada a demanda, evitando as pressões que normalmente ocorrem sobre o sistema como um todo. O trabalho de Binfaré & Novaes (1995) apresenta uma abordagem simples para o problema da localização de armazéns coletores, considerando custos e recursos disponíveis.

As instalações de armazenagem da produção agrícola brasileira são constituídas basicamente por armazéns convencionais para a guarda de produtos ensacados e por armazéns graneleiros e silos para os produtos a granel. O país conta hoje com uma capacidade estática de aproximadamente 69 milhões de toneladas entre armazéns convencionais, graneleiros e silos. As cooperativas controlam cerca de 30% desse total.

Fonseca (1997) faz um breve balanço a nível de Brasil nesse setor. As regiões Norte e Nordeste, importadoras de alimentos, sob o ponto de vista do mercado consumidor, não dispõem de unidades de armazenagem estratégicas e, em alguns casos, os estoques são remanejados do Centro-Sul do país. No Centro-Oeste e nas regiões de fronteira agrícola, predominam iniciativas emergenciais já que investimentos em infra-estrutura são ainda insuficientes para atender a produção. Na região Sudeste, com relação à agricultura mineira, a produção cresceu sem o correspondente acréscimo na estrutura de armazenagem. Nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo a rede se ressentiu de uma quantidade maior de silos e, em São Paulo, encontra-se defasada, tanto em quantidade, como em qualidade.

A Região Sul, por sua vez, dispõe da melhor e maior capacidade armazenadora do país, com 53% do total, com os estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina dotados de uma rede moderna e funcional.

2.4 - Produção e os Mercados Para a Comercialização da Soja

2.4.1 - Produção Mundial e o Mercado Externo

A soja adaptou-se a vários tipos de clima, sendo produzida durante todo o ano, mas em datas que se alternam conforme o hemisfério onde é realizada a colheita. O quadro 2.2 apresenta o calendário mundial para a soja colhida nos principais países produtores, em ambos os hemisférios.

Quadro 2.2 - Épocas de Colheita

País/Região	Meses de Colheita
Europa Oriental	setembro
CEI	setembro/outubro
Canadá	agosto/novembro
EUA	setembro/novembro
México	setembro/novembro
Argentina	março/junho
Brasil	março/maio
Paraguai	fevereiro/maio
China	agosto/novembro
Índia	outubro/janeiro

Fonte: Agroanalysis (n. 9, 1996)

O quadro 2.3 apresenta os resultados das duas últimas safras. Observa-se a forte concentração da produção nos EUA com uma participação de 47,3 % do total na safra de 95/96.

Quadro 2.3 - Soja: Produção Mundial (em milhões de t)

País	Safra 94/95	Safra 95/96
EUA	68,49	58,56
Brasil	25,80	23,30
China	16,00	13,50
Argentina	12,50	12,80
Índia	3,30	4,47
Leste Europeu/outros	2,89	2,93
Paraguai	2,20	2,30
Canadá	2,25	2,28
Indonésia	1,60	1,70
União Européia	1,03	0,94
Bolívia	0,92	0,76
CEI	0,56	0,36
Total	137,54	123,90

Fonte: Safras&Mercado (n. 916, 1996)

Bertrand *et al.* (1987) acentua alguns aspectos da produção de soja americana, argentina e chinesa.

Nos Estados Unidos, verificam-se duas grandes zonas de produção: o Meio Oeste e o Sudeste americano. No Meio Oeste, que compreende os estados de Ohio, Indiana, Illinois, Iowa, Missouri e Minnesota, são produzidos praticamente três quartos da soja americana. Nessa zona, a soja está frequentemente associada ao milho, ao trigo e à criação intensiva, em propriedades de ordem familiar, entre 100 ha a 150 ha com rendimento em torno de 2,5 t/ha. Já no Sudeste, correspondendo aos estados do Mississippi, Luisiana, Arkansas e Tennessee, o desenvolvimento da cultura é mais recente e associada ao trigo. As propriedades são maiores, muitas vezes superiores a 1000 ha, mas com um rendimento inferior, da ordem de 1,5 t/ha a 2 t/ha.

Na Argentina, a soja é uma cultura recente, cultivada nas províncias de Santa Fé, Córdoba, norte de Buenos Aires e nas zonas de fronteira com o Brasil. O tamanho das propriedades varia entre 50 ha a 100 ha com o rendimento médio ficando em torno de 2,2 t/ha.

Na China, a soja é cultivada quase que por toda a parte, predominando na zona temperada do norte e do Centro-Leste. Muitas vezes é cultivada manualmente em minúsculos terrenos. Absorve praticamente toda a sua produção, não atuando, portanto, como ofertante no mercado externo como fazia no passado. Hoje, a China também importa grãos.

Os demais países produtores exportam a soja em forma de grãos e nas formas processadas, dependendo da capacidade dos seus parques industriais moageiros. Hoje, os maiores exportadores da soja na forma triturada são o Brasil e os EUA. Cabe ressaltar que os EUA têm um mercado interno cativo para o farelo em razão de sua produção de carne. As criações americanas são quase que exclusivamente confinadas o que torna apreciável o consumo de alimentos concentrados para animais. Esses alimentos são produzidos a partir do farelo de soja. O Brasil, ao contrário, exporta o farelo maciçamente.

Em geral, os consumidores de importância do complexo soja são os países industrializados. Destacam-se aqueles ligados à CEE, CEI e os países asiáticos. Suas compras geralmente são em larga escala e destinam-se à alimentação da população e ao gado.

Esses países praticamente tornaram-se dependentes de forma irreversível da soja como fonte de proteína vegetal. Em 1981, a Sra. Edith Cresson, ministra da agricultura da França escrevia: “nossa pecuária encontra-se em situação de quase total dependência quanto à importação de proteínas, perfeitamente comparável à que conhecemos na área energética”. Chega-se a afirmar que a soja, hoje, representa para a criação intensiva o que o petróleo representa para o automóvel (Bertrand *et all.*,1987).

O quadro 2.4 apresenta as exportações brasileiras de soja em grão para a safra de 95/96. Verifica-se a importância da Europa nesse consumo como a maior importadora da nossa produção, notadamente a Holanda e o Japão como o maior consumidor da soja brasileira dentre os países asiáticos. A China também mantém uma presença razoável nesse conjunto de consumidores externos.

Quadro 2.4 - Exportações: Soja em Grão (em milhares de t)

Países-destino	Volume	Países-destino	Volume
Holanda	579,1	Coréia	109,4
Japão	334,5	Bélgica	98,5
Espanha	303,6	Inglaterra	74,5
França	284,3	China	51,6
Alemanha	259,1	CEI	16,6
Itália	227,7	Indonésia	8,4
Portugal	220,9	Outros	644,7

Fonte: Safras&Mercado (n. 922, 1996)

2.4.2 - Produção Brasileira e o Mercado Interno

A soja é produzida no Brasil praticamente de norte a sul. De meados da década de 70 para cá, com a intensificação das exportações, mais que dobrou a produção brasileira, com um incremento também substancial na área plantada. O quadro 2.5 ressalta bem esse fato.

Quadro 2.5 - Evolução da Produção Brasileira

Ano	Área (mil ha)	Produção (mil t)	Rendimento (t/ha)
1975/76	6.417	11.228	1,75
1980/81	8.500	15.007	1,76
1985/86	9.185	13.335	1,45

1990/91	9.742	15.395	1,58
1995/96	10.750	23.300	2,17

Fonte: Agroanalysis (n.9, 1996)

Segundo Brum (1993), existem três grandes grupos responsáveis pela produção nacional: os colonos, os granjeiros e os fazendeiros. Os colonos do sul do país geralmente são os descendentes dos imigrantes europeus que aqui chegaram no transcorrer do século passado e cultivam a soja em propriedades de pequeno tamanho (menos de 25 ha), em sistemas de policultura, associada à criação. Parte do trabalho é geralmente mecanizada e a mão de obra é essencialmente familiar. A classe dos granjeiros, que movimentam boa parte da cultura da soja nacional, tem seus membros originários das famílias imigrantes. Geralmente são capitalistas que investem seus ganhos na compra de terras e desenvolvem rapidamente a agricultura. Utilizam mão de obra assalariada e suas propriedades variam entre 200 ha a 300 ha no sul ou 1.000 ha a 10.000 ha no norte do país e empregam técnicas modernas e mecanização. Os fazendeiros são proprietários de grandes áreas rurais que, em muitos casos, ascendem a milhares de hectares. São originários das primeiras famílias portuguesas e espanholas que aqui se instalaram, visando a criação de gado, o cultivo do café e da cana-de-açúcar. Hoje dedicam-se também à soja em propriedades amplamente modernizadas.

O quadro 2.6 fornece a produção do país na safra de 95/96, destacando-se o estado do Paraná como o maior produtor nacional.

Quadro 2.6 - Os Principais Estados Produtores

Estados	Área colhida (mil ha)	Produção (mil t)
Paraná	2.390	6.450
Mato Grosso	1.950	4.650
Rio Grande do Sul	2.800	4.400
Goiás	915	2.000
Mato Grosso do Sul	830	1.980
São Paulo	560	1.200
Minas Gerais	530	1.040
Bahia	430	800
Santa Catarina	214	490

Maranhão	90	180
Distrito Federal	35	67
Rondônia, Piauí e Tocantins	9	19
BRASIL	10.761	23.294

Fonte: Safras&Mercado (n. 922, 1996)

É notória a importância dos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso que detêm juntos cerca de 65% da produção nacional. Assim, fatores relativos ao plantio, clima, colheita, etc., devem ser observados nesses estados, pois podem concorrer no aumento ou na redução da oferta de grãos tanto a nível interno como externo. A Região Sul, por exemplo, deixou de colher cerca de 2 milhões de toneladas na safra de 94/95 em razão de uma forte estiagem ocorrida no Rio Grande do Sul no final de 1995.

Grão	Farelo	Óleo
-------------	---------------	-------------

Quadro 2.7 - Complexo Soja: Oferta e Demanda (em milhares de t)

Produção	23.294	Produção	15.500	Produção	3.720
Importações	1.200	Importações	100	Importações	250
Moagem	19.600	Consumo	5.300	Consumo	2.650
Exportações	3.600	Exportações	10.500	Exportações	1.300

O quadro 2.7 apresenta a produção brasileira para o complexo soja na safra de 95/96, incluindo o volume importado do complexo e o consumo interno.

Fonte: Safras&Mercado (n.922, 1996)

O Brasil encontra um razoável mercado interno para sua soja. Pelo quadro acima, estima-se que até o final de 1996, do total de farelo de soja produzido, cerca de 34% seja consumido aqui dentro. Os estados do Paraná e Rio Grande do Sul possuem juntos em torno de 55% da capacidade de esmagamento. As indústrias que assumem um papel significativo na utilização do farelo são as fabricantes de rações para aves e suínos, atualmente em alta demanda e os fabricantes de produtos alimentícios. Com relação ao óleo de soja, 71% do que é produzido é consumido no mercado interno e representa cerca de 98% da quantidade

de óleo comestível consumida no país (Agroanalysis, n.9, 1996). A partir disso, não se pode considerar a soja um produto meramente de exportação.

Também observa-se acima que o Brasil importa alguma quantidade do complexo, principalmente o grão. Isso pode ser explicado a partir do fato que a capacidade de trituração das nossas indústrias é superior ao que sobra para ser esmagado. Nesse ponto, entra o mecanismo de “*draw-back*”, geralmente utilizado pelas indústrias processadoras situadas próximas aos portos de embarque. Esse mecanismo consiste em importar o grão de outros países produtores, esmagá-lo aqui e exportar a mesma quantidade em forma de farelo e óleo.

2.4.3 - O Novo “Eldorado Verde”

A revista Veja na sua edição de 2/4/97 publicou uma reportagem bastante significativa e relaciona-se com o avanço das nossas áreas produtivas em direção ao norte do país. Seu título é: “O novo eldorado verde”. A reportagem focaliza uma região na nova fronteira agrícola brasileira, que, segundo especialistas, poderá dobrar a produção agrícola brasileira em apenas quinze anos. A área territorial é enorme, indo do norte do Mato Grosso ao sul do Piauí, passando pelos estados do Tocantins e Maranhão. Só recentemente, a região despertou a atenção do governo e dos fazendeiros, que, nos três últimos anos, ocuparam cerca de 3 milhões de ha com novas plantações. Apenas em soja, na cidadezinha de Sapezal no norte do Mato Grosso, foram produzidas 510.000 t. Não apenas as terras baratas da região têm servido de atrativo aos produtores, mas, também, a possibilidade de um custo mais baixo para o escoamento da produção em virtude da malha hidroviária existente na região. Na época da edição dessa reportagem, estava para ser inaugurada uma hidrovía, ligando Porto Velho ao porto de Itacoatiara no rio Amazonas. Balsas gigantescas com soja produzida no Mato Grosso, Rondônia, Acre e sul do Amazonas seguem pelo rio Madeira até Itacoatiara. Nesse ponto, a soja é embarcada em navios graneleiros que descem o rio Amazonas, entram no oceano Atlântico e rumam até os portos europeus e asiáticos. Com essa hidrovía, os fretes caem brutalmente e os produtores e comerciantes ficam livres dos altos custos com o escoamento da soja pelos portos do sul.

No capítulo a seguir, será analisada a formação de um dos principais elementos constantes na modelagem deste processo: os preços de compra e venda da soja em grão.

3 FORMAÇÃO DOS PREÇOS

3.1 - Preços Externos

Embora muito inferior à comercialização do farelo, matéria prima bastante requisitada a nível interno e externo, as vendas da soja em grão para o exterior também assumem um papel importante em nossa balança comercial. Conforme já visto no quadro 2.7, em 1996 foram exportadas cerca de 3,6 milhões de toneladas, o que representou um acréscimo de cerca de US\$ 1,010 bilhões em nossa balança comercial.

O complexo soja é vendido no exterior por um preço que tem como referência as cotações praticadas nas importantes Bolsas de Mercadorias, como as existentes em Chicago e Rotterdã. O preço do grão de soja a nível externo, como o de qualquer produto, também é uma questão de oferta e demanda. As intenções de plantio, a área efetivamente plantada, a quantidade colhida nos países produtores, as situações das safras nas regiões produtoras, a taxa do dólar em relação a outras moedas, as políticas econômicas e agrícolas internas, em especial dos EUA e CEE, os conflitos bélicos, etc. são fatores de influência nas cotações internacionais do produto.

Segundo Bast (1981), citado em Pino & Rocha (1994), as oscilações de preços ocorridas com a soja e seus derivados no mercado internacional, são muito mais reflexo de irregularidades na oferta do que consequência de variações na demanda. Isso é verdadeiro ainda hoje, já que, há alguns anos, a procura pelo grão tem-se mantido firme.

Stolf (1992), também citado em Pino & Rocha (1994), utilizando modelos de equações na previsão para o preço internacional da soja, verificou que quando a oferta é relativamente maior que o consumo estimado, uma queda de preço deve ser esperada e vice-versa. Concluiu também, que quando as quantidades de grão concorrentes da soja aumentam, o preço se reduz, assim como, quando a oferta de óleos vegetais e farelos oleaginosos cresce, o preço da soja também sofre reduções no mercado externo.

Embora o Brasil seja o segundo produtor mundial de soja, a sua participação no mercado não é suficientemente expressiva para impor condições de preço no mercado internacional. Nesse contexto, atuamos mais como tomadores do que como formadores de preços para a soja e derivados nesse mercado.

Segundo Pino & Rocha (1994), a oferta da soja em grão é determinada em grande parte pela produção norte-americana, que, embora ao longo dos anos 80 tenha perdido muito de sua participação, ainda responde por cerca de 50% da produção mundial e com poder, portanto, de ditar os preços no mercado internacional. Assim, o volume de soja ofertado pelos EUA assume um papel de relevância na determinação das cotações externas, secundado, principalmente pelo nível de estoques mundiais e pelas produções brasileira e argentina. Alguma possibilidade de frustração na safra americana tende a elevar as cotações do produto. As previsões sobre o clima, principalmente no Meio Oeste americano onde estão as principais regiões produtoras, são ansiosamente aguardadas pelos analistas do mercado, pois tem influência direta no tamanho da safra. Ou seja, o clima acaba influenciando o mercado que fica extremamente sensível e agitado. E não poderia ser diferente, pois, em 1996, os EUA colocaram no mercado mundial cerca de 23 milhões de toneladas de grãos, quase quatro vezes as exportações do Brasil e Argentina juntos. Uma das publicações da revista Safras&Mercado (n. 920, 1996) registrou que, em outubro do referido ano, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) reavaliou para cima as estimativas de produção americana em decorrência da melhoria do clima no Meio Oeste americano. Isso permitiria uma recuperação das lavouras que estavam sendo prejudicadas pelas geadas. Esta reavaliação, sinalizando uma maior oferta do produto, foi suficiente para fazer com que as cotações internacionais na Bolsa de Chicago caíssem de imediato.

O nível de produção americano não só baliza as cotações do grão no mercado externo, mas também interfere nas intenções de plantio dos demais países produtores. Uma reportagem do jornal Diário Catarinense, na sua edição de 6/7/97, previa uma provável queda no preço da soja. Primeiro, é preciso salientar que havia uma tendência bastante nítida de que a próxima safra de soja viria acompanhada de um aumento na área plantada no Estado de Santa Catarina. Mas, já não havia muita certeza quanto a isso. A explicação para o fato

fora o anúncio do USDA de que os EUA haviam aumentado em 10% a área plantada de soja, o que bastou para provocar um recuo nos preços no mercado internacional. Com o aumento da oferta do produto, os preços poderiam cair mais, o que inibiria o aumento da área plantada no Estado.

3.1.1 - Bolsas de Mercadorias - Mercados Futuros

As Bolsas de Mercadorias são centros estruturados onde se realizam as operações de compra e venda de mercadorias processadas por comerciantes, cooperativas, exportadores, intermediários e industriais. Dentre as vantagens que as Bolsas oferecem é que nelas são divulgadas estatísticas, previsões de safras, consumo e oferta mundiais, condições de transporte, enfim, informações que procuram espelhar a realidade do mercado, oferecendo uma maior “visibilidade” futura aos preços. Na verdade, as Bolsas funcionam como termômetros. Um termômetro não muda a temperatura; apenas a registra e assim como o calor faz o termômetro acusar uma temperatura alta, uma demanda forte por um certo produto provocará preços ascendentes para esse produto. Através da Bolsa, oferta, demanda e outros fatores são transformados num único indicador: o preço.

Para o mercado da soja, o principal local onde se concentram os negócios é a Bolsa de Chicago, a Chicago Board of Trade (CBOT). Neste centro, se oficializa grande parte do comércio internacional da soja em grão e seus derivados e os preços ali praticados servem como referência a nível mundial. Os que ali operam assumem um papel significativo na determinação das cotações, entre elas as já citadas multinacionais Cargill, Borg&Born, etc. Cabe porém ressaltar que boa parte dos negócios também é realizada fora da Bolsa. A Cargill, por exemplo, que domina grande parte das exportações americanas, esteve afastada da CBOT durante um longo tempo e realizava suas operações recorrendo a corretores privados.

Nas Bolsas de Mercadorias e, em especial na CBOT, são negociados contratos que representam a mercadoria física. As operações de compra e venda são operações projetadas para o futuro e realizadas para liquidação em prazos que variam com a natureza da mercadoria a ser transacionada. Segundo Jones (1988), um contrato a futuro de soja é, em essência, um compromisso para entregar ou receber uma certa quantidade de soja, de uma

certa qualidade, a um preço fixado, num lugar determinado. É importante observar que a liquidação dos contratos através da entrega do produto pelo vendedor é excepcional. Segundo a Comissão Nacional de Bolsa de Valores (CNBV), nas Bolsas de Mercadorias do exterior, o número de contratos liquidados por entrega e recebimento efetivos da mercadoria representa apenas 2% do total de contratos negociados. Isso porque, os que utilizam os Mercados Futuros o fazem tanto buscando proteção contra as flutuações dos preços de seus produtos (*hedgers*), como especulando e assumindo os riscos das variações desses preços (especuladores).

Na realidade, o que é negociado nos Mercados Futuros é o preço do produto, apesar de estar prevista a entrega física do mesmo. Sem aprofundar o assunto, considere-se um exemplo de uma das muitas opções de negócios efetuados nas Bolsas de Mercadorias:

“a data é setembro de 1997 e um produtor, através da sua cooperativa, vende X contratos de soja para entrega em março de 1998 por um preço considerado suficiente para remunerá-lo. Logo, ele está vendendo a sua produção a futuro e comprometendo-se a entregar uma quantidade de soja, equivalente aos X contratos em março de 1998. Na Bolsa, existe um sistema de “ajustes diários” que sempre garante o cumprimento do preço contratado. Pode ocorrer que numa data próxima ao vencimento do contrato, esse vendedor passe a acreditar que a sua soja venha a valer muito mais do que o preço contratado e não seja mais interessante sua permanência nesse tipo mercado. Para cancelar sua posição “vendedora”, ele poderá se livrar dos contratos assumidos, liquidando-os “por diferença”, que significa, tomar uma posição contrária à inicial, ou seja, entrando como comprador (posição “compradora”) de X contratos de soja para a data futura contratada. Tudo se passa como ele se comprometesse a vender, para ele mesmo, a soja que lhe pertence para entrega em março de 98. Assim, ele fecha sua posição a futuro, saindo com a sua soja e podendo negociá-la no mercado à vista.

É importante observar a influência dos preços futuros no nível de produção dos países produtores, inclusive na própria produção norte americana. Os produtores norte-americanos, na época do plantio, passam a observar os preço na CBOT. Em geral, eles plantam soja e milho, conhecem os seus custos de produção e sabem que esses custos para

a soja são da ordem de US\$ 3,00/bu ⁽¹⁾. Se os preços na CBOT indicarem valores acima de US\$ 6,00/bu, eles terão uma boa margem de lucro e decidem por plantar soja.

3.2 - Preços de Venda

Considera-se neste trabalho dois preços para a soja em grão: o preço pelo qual a cooperativa vende a soja ao exterior, chamado preço de venda v e o preço que a mesma paga a seus produtores associados, o preço de compra c . Procurou-se considerar esses valores livres de boa parte das despesas que geralmente ocorrem na comercialização e que são de domínio público, já que os ganhos líquidos e custos reais obtidos pelas empresas são de difícil acesso. Assim, os valores “líquidos” aqui considerados são aproximações dos valores reais praticados no mercado.

Semanalmente, a revista Safras&Mercado apresenta as cotações da soja em grão na CBOT, prêmios, despesas, preços no mercado interno, etc. Esses valores são considerados em relação à região produtora de Passo Fundo e o porto de Rio Grande. Dessas publicações foram extraídos o que aqui se definiu como sendo os preços de venda v . O quadro 3.1 abaixo apresenta uma dessas observações da revista.

Quadro 3.1 - Formação de v

1 – Fechamento	US\$ 7,69/ bu
2 – Prêmio	US\$ 0,18/ bu
3 – Conversão	US\$ 289,17/t
4 – Relação Cambial	0,998
5 - Receita Bruta	R\$ 288,57/t
6 – Despesas	R\$ 63,54/t
7 - Receita Líquida	R\$ 225,03/t
8 – Paridade / 60 kg	R\$ 13,5
9 – Mercado Interno (60 kg)	R\$14,5
10 – Relação %	7,39

Fonte: Safras&Mercado (n.921, 1996)

Passa-se à explicação dos dados constantes no quadro 3.1:

⁽¹⁾ 1 bu = 1 bushel = 27,2 kg

1 - Fechamento (US\$ 7,69/bu)

Corresponde à última cotação registrada no final do pregão na CBOT, no caso, ocorrido no dia 13/06/96. É o valor considerado como referência para o preço de comercialização do grão no mercado externo. Vale para o dia em questão e para os contratos futuros com liquidação no mês seguinte, julho.

2 - Prêmio (US\$ 0,18/bu)

É um valor adicionado ou subtraído ao valor de fechamento. As cotações, no caso da soja, são para a mercadoria depositada em Chicago. Assim, para se transportar o grão para os portos americanos no Golfo do México e daí para Roterdã, na Holanda, é estabelecido diariamente pelo mercado um prêmio que remunera as despesas decorrentes dessa movimentação. O prêmio altera-se em função das distâncias, condições portuárias, capacidade dos navios, qualidade do produto etc.

3 - Conversão (US\$ 289,17/t)

É a soma do fechamento com o prêmio e convertido em toneladas. Resulta no chamado “preço FOB (free on board) porto de Rio Grande”. É o preço pago pelo importador pela tonelada de grãos, colocada no porto de Rio Grande, com todas as despesas incluídas até esse porto.

4 - Relação Cambial (0,998)

É o valor de US\$ 1,00 em R\$.

5 - Receita Bruta (R\$ 288,57/t)

É o valor da conversão (3) dado em R\$.

6 - Despesas (R\$ 63,54/t)

Aqui estão incluídas despesas como ICMS, fretes (de Passo Fundo a Rio Grande), despesas portuárias, taxas e comissões e corretagem de câmbio. Na época, era cobrado

13% sobre a receita bruta apenas de ICMS. Atualmente, os produtos agrícolas destinados à exportação estão isentos deste imposto.

7 - Receita Líquida (R\$ 225,03/t)

É a diferença (5) - (6).

8 - Paridade (R\$ 13,50)

É a receita líquida correspondente a uma saca de 60 kg, que é a forma como a soja é comercializada no mercado interno.

9 - Mercado Interno (R\$ 14,50)

É o valor da saca de 60 kg de soja comercializada na região de Passo Fundo. Esses valores são os oferecidos aos produtores e cooperativas pelas indústrias de processamento, que, em geral, pagam valores acima da paridade para terem o produto.

10 - Relação % (7,39)

É o percentual obtido na operação (9)/(8). Esta relação geralmente é pequena durante a safra, já que a oferta do produto é maior, diminuindo assim a pressão das indústrias pelo produto. Em 24/10/96 (na entressafra), esta relação chegava a 37,36 % segundo a revista Safras&Mercado (n.922, 1996).

A partir dos itens do quadro 3.1, define-se como preço de venda v para a cooperativa, o valor da receita líquida definida em (7), dada em US\$/t. Pela relação cambial (4), o preço de venda para o dia 13/06/96 será: $v = \text{US\$ } 225,48/\text{t}$.

3.3 - Preços de Compra

Viu-se que os preços praticados no mercado externo para a soja guardam uma estreita relação com o nível de produção americano, tendo na Bolsa de Chicago o principal palco de negociações. Por sua vez, as cotações praticadas por Chicago influenciam os preços praticados nos mercados internos dos países produtores.

A cooperativa, que irá comercializar as produções dos seus associados com o mercado externo, paga aos produtores o chamado “preço de balcão”, cotado diariamente e indicando os preços da soja, a nível de produtor. O preço de balcão recebe tanto a influência de

Chicago, como da própria demanda interna e, geralmente, varia conforme a empresa. No primeiro semestre, por ocasião da safra e pela alta oferta interna, está fortemente correlacionado com Chicago. Já no segundo semestre, na entressafra, esta correlação perde força, sofrendo uma influência maior da escassez do produto aqui dentro.

Por ocasião da colheita, o produtor geralmente transporta a soja da propriedade rural ao armazém da sua cooperativa; esta é recebida e, para ser comercializada, necessita primeiro passar pelas operações de limpeza, secagem e armazenagem. Numa das entrevistas havidas com o pessoal da área técnica da Federação das Cooperativas de Trigo e Soja do Rio Grande do Sul Ltda. (FECOTRIGO), foi relatado que as despesas decorrentes dessas operações, acrescidas do Funrural e das quotas de capitalização, são descontadas do preço de balcão pago ao produtor. Dependendo da cooperativa, essas despesas variam de 6% a 8%. Aqui, irá se considerar o valor de 7% a ser descontado do produtor. Logo, admite-se que o produtor receba por 1 tonelada de soja o valor líquido:

$$c = 0,93 \text{ (preço de balcão)}$$

o que corresponderá ao preço de compra c praticado pela cooperativa, também dado em US\$/t.

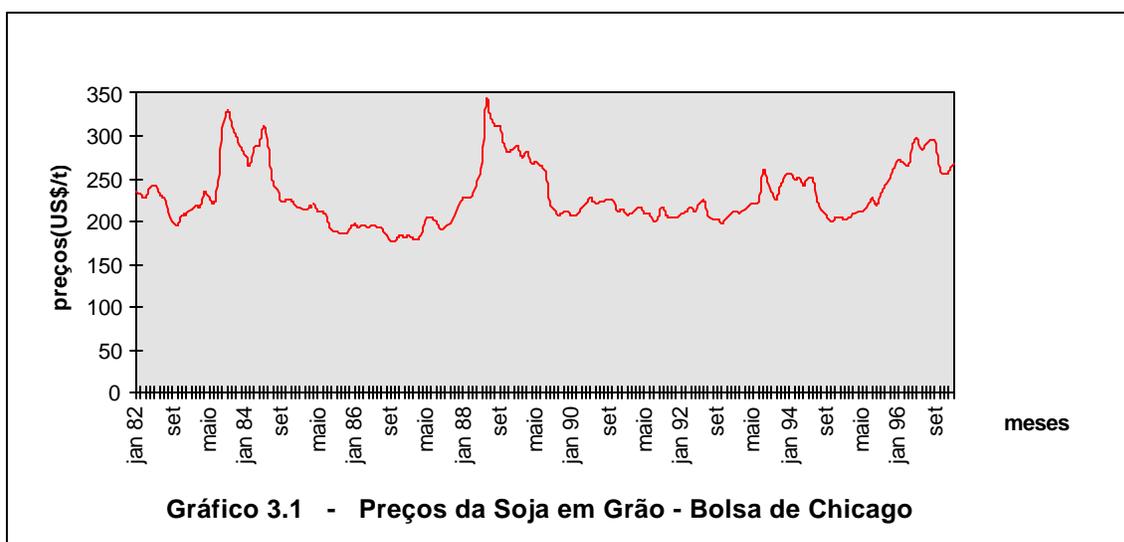
Geralmente existem várias modalidades para o produtor comercializar a sua soja. Ele poderá entregar a soja na sua cooperativa para uma venda imediata pelo preço do dia, como também poderá aguardar por preços melhores; poderá receber à vista com prazo futuro de entrega ou vender por um preço fixado para pagamento e entrega futura. Tudo dependerá das condições tanto do produtor como da sua cooperativa: do produtor, no caso deste poder bancar a estocagem da sua safra por um prazo maior, esperando melhores preços e, da cooperativa, no sentido desta possuir uma estrutura capaz e com a competência técnica necessária para auxiliar os seus associados no momento da comercialização.

3.4 - Séries Históricas de Preços

Brown (1963) admite que o sucesso do planejamento a longo prazo das empresas está relacionado à capacidade das mesmas preverem o futuro e, assim, desenvolverem estratégias apropriadas. O *feeling*, a intuição, o sentimento sobre o futuro, pode ser

alicerçado em bases sólidas das quais o administrador poderá lançar mão. Uma dessas ferramentas utilizadas como método de previsão são as séries temporais ou históricas. Basicamente, uma série histórica é um conjunto de observações medidas em pontos sucessivos no tempo, sendo muito utilizadas no sentido de prever os valores futuros para a série.

A título de ilustração, o gráfico 3.1 apresenta a série histórica relativa aos preços médios mensais de fechamento registrados na Bolsa Chicago no período de janeiro de 1982 a janeiro de 1997.



F

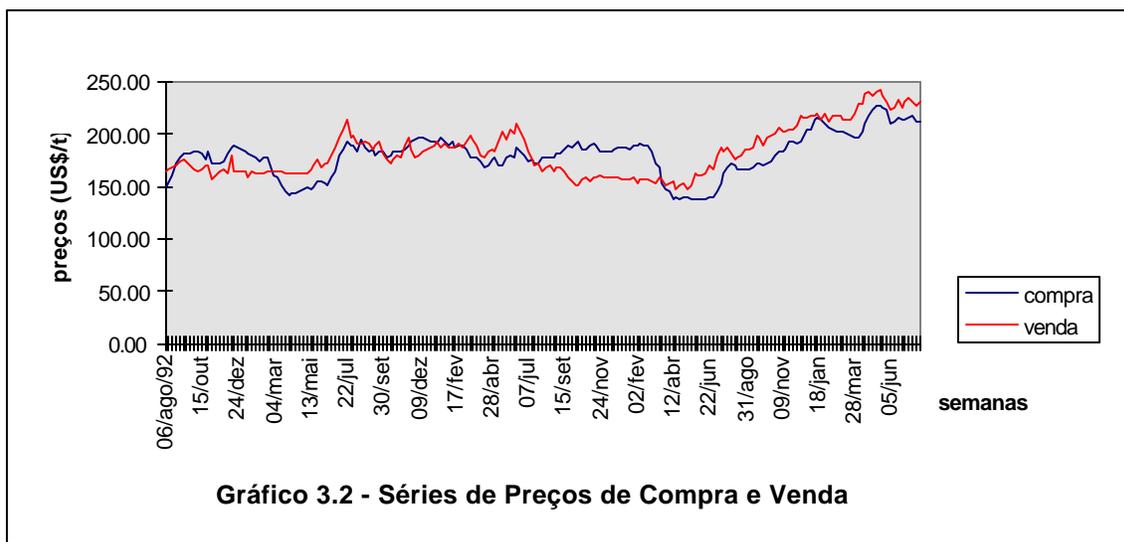
onte: ICEPA-SC

As cotações de fechamento da soja em grão, que dão origem aos preços de venda v , e os preços de balcão dos quais derivam os preços de compra c , são conhecidos diariamente. Para análise neste trabalho foram consideradas cotações semanais desses preços. Os preços semanais de venda foram obtidos a partir das publicações da revista Safras&Mercado e referem-se aos fechamentos registrados na Bolsa de Chicago, geralmente, a cada 5ª feira. Esses valores foram considerados no trabalho como os praticados durante a semana. Os preços de compra são médias semanais, obtidos em registros colhidos junto à Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul (EMATER-RS) e praticados na região de Passo Fundo-RS. Ambas as cotações consistiram do registro dos preços durante 4 anos e corresponderam aos períodos de

agosto de 1992 a julho de 1996, totalizando 209 semanas. Assim, obteve-se as duas séries históricas de preços: de compra e de venda.

Embora seja assunto para o capítulo seguinte, convém adiantar a necessidade dessas séries históricas de preços. O problema que se apresenta refere-se a um processo em que decisões devem ser tomadas ao longo do tempo. Mais particularmente, um Processo de Decisão Markoviano. Nesses processos, são definidas matrizes cujos elementos são probabilidades de transições (ou flutuações) de preços de uma semana para a semana seguinte. Daí a importância dessas séries, pois, a partir delas, serão construídas as matrizes mencionadas.

Abaixo, o gráfico 3.2 representa as séries de preços de compra e de venda da soja em grão no período analisado.



Fontes: Revista Safras&Mercado/Emater-RS

No capítulo 7, será observado com mais detalhe o gráfico acima, onde será possível verificar a existência de duas épocas ou fases do ano nas quais os preços c e v comportam-se de modo diverso. Aliás, essa é uma peculiaridade bastante conhecida por quem atua no setor e crucial para a modelagem do processo de decisão proposta neste trabalho. No momento, essas duas fases distintas do ano não serão consideradas.

O próximo capítulo trata dos fundamentos que alicerçam a metodologia utilizada na otimização deste processo.

4 PROGRAMAÇÃO DINÂMICA - PROCESSOS DE MARKOV

4.1 - Introdução

Os processos de decisão Markovianos estão inseridos num contexto mais amplo: o de Programação Dinâmica, cujas idéias básicas serão discutidas neste capítulo. Os conceitos aqui apresentados objetivam, tão somente, servir de apoio ao método a ser aplicado na análise e solução do problema proposto.

Na introdução da clássica obra - *Programação Dinâmica Aplicada* - seus autores Bellman & Dreyfus (1962) enfatizam o surgimento, a partir da II Guerra, de um grande número de problemas matemáticos reconhecidamente mais complexos, onde técnicas tradicionais, ocasionalmente úteis em alguns casos, como as do Cálculo, mostravam-se limitadas em alcance e versatilidade. Eram necessários novos métodos e teorias que se mostrassem eficazes na abordagem desses problemas. Entre essas teorias, encontra-se a teoria de Programação Dinâmica (PD).

Basicamente, PD é uma metodologia matemática utilizada na resolução de problemas que exigem decisões a serem tomadas sequencialmente no sentido de se otimizar uma função objetivo. Trata-se de um procedimento geral de abordagem e as equações usadas devem se ajustar a cada situação individual. O que se busca na resolução de um problema de PD é o melhor conjunto de ações ou a política ótima a ser seguida na otimização do processo sequencial.

4.2 - Um Problema Típico de PD

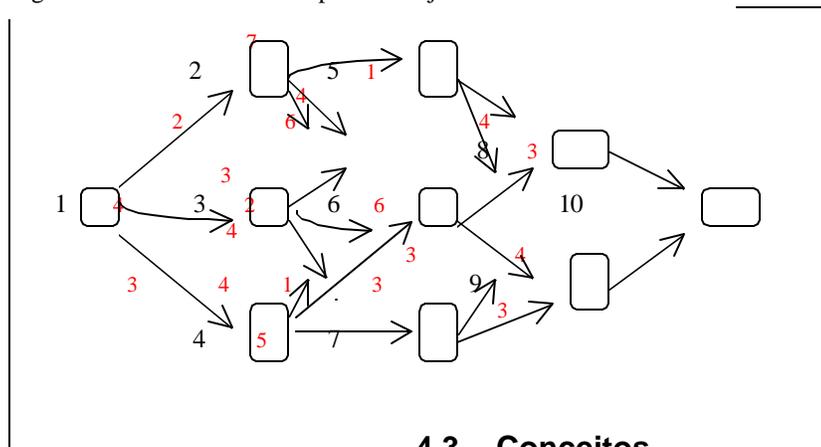
O chamado problema do “Caminho de Mínimo Custo” é clássico em PD e possui várias versões. Uma dessas versões pode ser encontrada em Hillier & Lieberman (1974), sendo descrita a seguir:

“Um vendedor precisava se deslocar numa região do território americano, na época, um tanto hostil pela presença indígena. A companhia que explorava o transporte por diligências, oferecia aos passageiros apólices de seguros de vida, cujos valores dependiam da rota a ser seguida na viagem. Quanto maior o risco do percurso, maior o valor do seguro. O vendedor deseja escolher a rota que lhe traga maior segurança na viagem, o que o levará a escolher àquela cuja apólice tem o menor valor.”

Este problema será utilizado na introdução de alguns conceitos e de um princípio geral de resolução dos problemas de PD.

O diagrama a seguir refere-se ao caso descrito acima. O vendedor deve partir do local 1 e chegar a seu destino final, o local 10. No caminho, estão os possíveis locais de passagem como 2, 3,..., 9 e as ligações entre eles, indicando possibilidades viáveis de percurso entre um local e outro com seus respectivos custos de seguro (em vermelho).

Fig.4.1 - Custos e Caminhos para o Viajante



4.3 - Conceitos

Os problemas de PD estão estruturados em conceitos bastante simples. São eles:

4.3.1 - Estado

É a configuração do sistema numa etapa do processo. No caso acima, o estado é descrito por um local. O vendedor estando no local 3, diz-se que o sistema está no estado 3.

4.3.2 - Decisão e Transição de Estado

Definidos os estados do processo, geralmente existe um conjunto de alternativas ou ações disponíveis ao decisor que deverá escolher uma a tomar. Configura-se então, a partir da decisão tomada, a oportunidade de mudança ou não de estado. Em qualquer caso, diz-se que ocorreu uma transição de estado. Tem-se uma decisão, por exemplo, quando o vendedor, estando no local 4, opta por se deslocar para o local 7.

4.3.3 - Retorno por Transição

Quando cada decisão é tomada nas etapas do processo, geralmente ocorrem ganhos ou perdas. Assim, o retorno é um valor positivo ou negativo, correspondente ao que o sistema gera a cada transição. No problema visto, caso o vendedor decida se deslocar do local 4 para o local 7, seu seguro neste trecho da viagem tem um custo de 5 unidades monetárias.

4.3.4 - Estágio

É o momento no processo onde uma decisão é tomada, a transição de estado ocorre e um retorno é obtido.

4.3.5 - Política

É um conjunto de decisões, uma para cada estado. Uma política ótima é o melhor conjunto de decisões no sentido da otimização do processo, quando se considera um objetivo pré-fixado a ser otimizado. A política ótima para esse exemplo corresponde ao conjunto de decisões tomadas pelo vendedor no sentido de, partindo do local 1, chegar ao destino final (local 10) com o menor custo para seu seguro de vida.

4.4 - Princípio da Otimalidade

Bellman & Dreyfus (1962) desenvolveram um método geral de abordagem para a otimização de problemas de decisões sequenciais com múltiplos estágios, conhecido por Princípio da Otimalidade. Esse princípio diz que: “Uma política ótima possui a propriedade segundo a qual, a despeito das decisões tomadas para o sistema assumir um determinado estado, num certo estágio, as decisões restantes a partir desse estado devem constituir uma política ótima”.

Pelo princípio acima, não sendo efetuadas otimizações parciais de porções da seqüência e não se ligando essas porções otimizadas às porções seguintes até sua otimização total. Para a implementação do método, parte-se do último estágio do processo e se determina a melhor alternativa para se deixar esse estágio e completar o processo, supondo que todos os estágios anteriores já tenham sido completados. Assim, num percurso de trás para a frente, desloca-se ao longo do processo, determinando, a cada estágio a melhor alternativa para se deixar cada estado e completar o processo, supondo-se sempre que todos os estágios anteriores foram concluídos.

4.5 - Método de Iteração de Valores - Equação de Recorrência

O Princípio da Otimalidade é um método iterativo. Para um processo de decisão com um número N de estágios e um número finito de estados em cada estágio, a determinação da política ótima, segundo o método, é o resultado da aplicação da seguinte e básica equação de recorrência:

$$f_n(i) = \text{MIN}_{k \in K} [r_n(i, k) + f_{n-1}(j)], \quad \text{com } n = 1, 2, 3, \dots, N \quad (4.1)$$

O operador MIN pode ser substituído por MAX, dependendo do caso a ser otimizado.

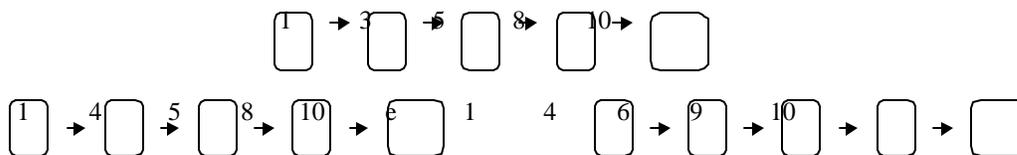
Com relação às variáveis acima, tem-se:

- $f_n(i)$ é o valor do estado i no estágio n . Corresponde ao retorno gerado no processo até o seu final, quando o sistema se encontra no estado i , no estágio n , segundo uma política ótima. Considera-se daqui para frente que, por “estágio n ”, entende-se “ n estágios remanescentes”, ou ainda: “faltam n estágios para o final do processo. Assim, na expressão (4.1), para $n = 1$, o valor de $f_0(j)$ corresponde ao valor do estado j no final do processo. Geralmente faz-se $f_0(j) = 0$, ou a algum valor residual.

- K é o conjunto de alternativas para os estados.

- $r_n(i, k)$ é o retorno gerado numa transição do processo, quando, no estado i e no estágio n , é tomada a decisão k .

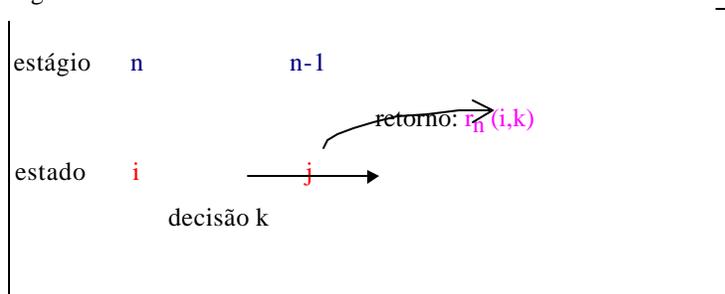
A aplicação da equação 4.1 para o problema do vendedor forneceu, dentre as 18 políticas possíveis, 3 políticas ótimas, correspondendo às rotas que minimizam os preços dos seguros. Todas apresentam o custo de 11 unidades monetárias. São elas:



4.6 - Programação Dinâmica Determinística e Estocástica

A Programação Dinâmica Determinística (PDD) está relacionada a problemas em que, ao se seguir um determinado plano ou política, existe a certeza quanto aos estados a serem alcançados e os retornos gerados em cada estágio do processo. A estrutura básica desses problemas segue o padrão abaixo e a otimização do processo dá-se pela equação 4.1.

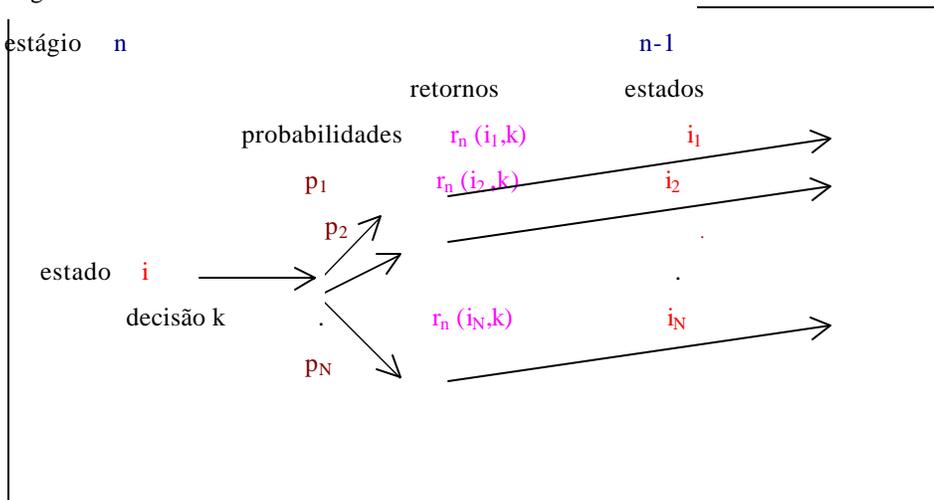
Fig.4.2 - Estrutura Básica de um Problema PDD



Por outro lado, a Programação Dinâmica Estocástica (PDE) trata de processos onde, ao se seguir uma determinada política, o estado a ser ocupado num estágio seguinte não é completamente determinado pelo estado e pela decisão tomada no estágio atual. Ou seja, tomada uma decisão no presente, existe uma distribuição de probabilidades para a ocupação de um estado no estágio seguinte do processo.

Para tais processos, tem-se a estrutura básica abaixo, sendo N o número de estados:

Fig.4.3 - Estrutura Básica de um Problema PDE



Devido a sua natureza probabilística, busca-se otimizar o retorno total esperado nas transições ocorridas durante o processo. Assim, a versão “estocástica” da equação 4.1 é:

$$f_n(i) = \text{MIN}_{k \in K} \left\{ \sum_{j=1}^N p_j [r_n(i, k) + f_{n-1}(j)] \right\} \quad (4.2)$$

A equação acima é básica na otimização de processos estocásticos, sendo aplicada, sobretudo, em processos com um número finito de estágios. Observa-se também que se a função objetivo f vier a tratar-se de retornos monetários, é razoável que f venha a representar o valor presente desses retornos. Neste caso, deve ser incorporado à equação um fator de desconto que traduza o valor do dinheiro no tempo. Assim, f passará a representar os retornos esperados descontados.

Este trabalho trata de um problema de Programação Dinâmica Estocástica, na realidade, um caso particular nesse amplo contexto.

A seguir, define-se um processo estocástico particular, já buscando a sua identificação com o caso a ser analisado.

4.7 - Processo Estocástico de Parâmetro Discreto

Disney (1970) descreve um processo estocástico como um fenômeno que varia no tempo com algum grau de imprevisibilidade ou aleatoriedade. Significa que se for observado em momentos diferentes, sob condições presumivelmente idênticas, os valores das variáveis ligadas ao processo geralmente serão diferentes. Isso acontece quando se observa os preços diários de uma ação na Bolsa, os estoques semanais de grãos num armazém, o número de acidentes diários num cruzamento, etc. Quando as observações são feitas, não continuamente, mas em seqüências de tempos, tem-se um processo estocástico de parâmetro discreto. Formalmente, um Processo Estocástico de Parâmetro Discreto (PEPD) é definido por uma seqüência de tempos, $N = \{1, 2, 3, \dots\}$ e associada a ela, uma seqüência de variáveis aleatórias

$$\{S(n)\} = \{S(1), S(2), S(3), \dots\} \quad (4.3)$$

que descrevem o processo ao longo do tempo. A seqüência $\{S(n)\}$ define a trajetória do processo.

4.7.1 - Os Conceitos de PD Aplicados ao Problema

No item 4.3, foram vistos os conceitos sob os quais estruturam-se os problemas de PD. Como o problema a ser analisado neste trabalho é, antes de tudo, um problema de PD, é importante que se tenha presente os conceitos de estado, estágio, retorno e transição, relacionando-os a esse caso. Assim, tem-se:

Estado

O conjunto N , representando a seqüência de tempos, corresponde aos pontos semanais em que são observadas as variáveis aleatórias. Essas variáveis são aqui representadas por combinações de preços de compra c , preços de venda v e níveis de estoques e . Considera-se aqui conjuntos finitos de preços e níveis de estoques. Cada estado do processo será definido por uma terna ordenada do tipo (c, v, e) e associa-se, a cada terna dessas, um número natural que irá identificar o estado do sistema. Fazendo uso de uma notação própria, escreve-se:

$$E_{15}(10) = (180, 195,5, 25.000)$$

significando que “na 10ª semana de observação, o sistema encontra-se no estado 15 que é definido pelos preços de compra, de venda e nível de estoques, iguais, respectivamente, a US\$ 180,00, US\$ 195,5 e 25.000 t.” A não ser que se faça necessário, utiliza-se a notação acima sem referenciar o número do estado e do estágio em que se encontra o processo, escrevendo-se simplesmente: $E = (180, 195,5, 25.000)$. O sistema relativo a este problema terá um número finito N de estados.

Decisão e transição de estado

Conforme se viu em (4.3), geralmente existe um conjunto de alternativas ou ações disponíveis ao decisor que deverá escolher uma a tomar. Tem-se a decisão quando opta-se, por exemplo, em “vender 2.000 t”, estando o sistema num certo estado, numa dada semana.

Convém salientar a estocasticidade do processo neste problema. Ao vender 2.000 t, tem-se a certeza de que na próxima observação, o nível de estoques contará com 2.000 t a menos, mas nada se pode antecipar a respeito dos preços de compra e venda, c e v , na referida observação.

Retorno

Valores positivos ou negativos gerados no sistema, a cada transição de estado, constituem os retornos. O sistema, ao evoluir do estado $E' = (150, 223, 15.000)$ para o estado $E'' = (160, 223, 5.000)$, auferiu um retorno monetário positivo resultante da venda de 10.000 t.

Define-se a matriz dos retornos: $\mathbf{R} = [r_{ij}]$, de ordem $N \times N$, onde r_{ij} é o retorno ou o ganho do sistema na transição do estado i para o estado j .

Estágio

Aqui, é um ponto semanal onde uma decisão é tomada.

Assim, reunindo os conceitos vistos, pode-se dizer: num certo **estágio** do processo o sistema encontrava-se no **estado** $E = (150, 223, 15000)$, a decisão tomada foi vender 10.000 t, o que resultou num **retorno** positivo ao sistema com esta venda.

4.7.2 - Estrutura Probabilística de Um PEPD

Ao se observar a trajetória de um processo estocástico interessa estudar sua natureza probabilística. O comportamento estocástico do processo pode ser especificado quando a probabilidade condicional

$$P\{S(n+1) = j \mid S(n) = i, S(n-1) = k, \dots, S(0) = m\} \quad (4.4)$$

puder ser determinada para todos os valores dos seus argumentos, ou seja, a probabilidade de ocupação de cada estado após $(n+1)$ transições, conhecida a trajetória passada do processo.

Processos Estocásticos com esse tipo de estrutura probabilística são de difícil trato, sobretudo computacional. Conhecer essas probabilidades condicionais para todos os valores de n , pode constituir-se numa tarefa bastante complexa, o que leva o analista a verificar se estruturas mais simples também não se adequariam ao problema. Isso será analisado a seguir.

4.8 - Processo Markoviano de Parâmetro Discreto

Viu-se acima que um PEPD refere-se a uma seqüência de variáveis aleatórias $S(1), S(2), \dots, S(n), \dots$, onde, a probabilidade da variável $S(n+1)$ assumir um dado valor depende dos valores assumidos pela variável anteriores ao estágio $(n+1)$. Ou seja, deve ser conhecida a história passada do processo na predição do seu futuro. Entretanto, muitos sistemas podem ser modelados como processos estocásticos cujas estruturas probabilísticas podem ser grandemente simplificadas. Os Processos Markovianos são assim, pois baseiam-se na suposição de que apenas o último estado ocupado pelo processo é relevante na determinação do seu comportamento futuro. Esses processos são desprovidos de “memória”, no sentido de que o conhecimento do presente torna o futuro independente do passado.

O processo de decisão seqüencial configurado neste trabalho será tratado como tal, pois é lícito admitir a “suposição markoviana” neste caso. Considere-se, por exemplo, os estados $E_1 = (c_1, v_1, e_1)$ e $E_2 = (c_2, v_2, e_2)$ ocorridos, respectivamente, em duas semanas sucessivas s e $s+1$. Pode-se afirmar que:

1ª) - o nível de estoque e_2 , em $s+1$, depende apenas do nível e_1 ocorrido em s ;

2ª) - as probabilidades dos preços virem a assumir determinados valores no processo foram definidas em função de pares sucessivos de semanas: s e $s+1$, ou seja, a atual e a seguinte. Assim, ocorrência do estado E_2 pode ser “explicada”, probabilisticamente, pela ocorrência apenas de E_1 .

A seguir, serão apresentados os fundamentos e as estruturas básicas tratadas nos Processos Markovianos. As definições e propriedades tiveram por base os trabalhos de R.Howard (1960,1971) e Clark & Disney (1973)

4.8.1 – Definição

Um PEPD dado por

$$\{ S(n) \} = \{ S(1), S(2), \dots, S(n), S(n+1), \dots \} \quad (4.5)$$

é dito um Processo Markoviano de Parâmetro Discreto (PMPD) se ocorrer a igualdade entre as probabilidades condicionais abaixo:

$$P\{S(n+1) = j \mid S(n) = i, S(n-1) = k, \dots, S(0) = m\} = P\{S(n+1) = j \mid S(n) = i\} \quad (4.6)$$

ou seja, saber que o sistema ocupou o estado i na n -ésima transição, é suficiente para determinar a probabilidade desse sistema vir a ocupar o estado j na transição seguinte.

4.8.2 - Probabilidades de Transição de Estados

Num PMPD com N estados, as probabilidades

$$P\{S(n+1) = j \mid S(n) = i\} \quad (4.7)$$

devem ser definidas para todos os estados i, j e para o estágio n . Essas probabilidades são chamadas “probabilidades de transição de estados”. No caso de serem independentes do estágio em que se encontra o processo, serão denotadas por p_{ij} e assim definidas:

$$p_{ij} = P\{S(n+1) = j \mid S(n) = i\}, \text{ com } 1 \leq i, j \leq N \text{ e } n = 0, 1, 2, \dots \quad (4.8)$$

4.8.3 - Propriedades

Para as probabilidades p_{ij} valem as propriedades:

a) $0 \leq p_{ij} \leq 1$, para todo i, j

b) $\sum_{j=1}^N p_{ij} = 1$, $i = 1, 2, \dots, N$ (4.9)

4.8.4 - Matriz de Probabilidades de Transição de Estados

As probabilidades acima, que descrevem o processo Markoviano de N estados, são arranjadas na forma da “matriz estocástica \mathbf{P} ”, de ordem $N \times N$ e dada por:

$$\mathbf{P} = [p_{ij}], \text{ com } 1 \leq i, j \leq N \quad (4.10)$$

4.8.5 - Probabilidades de Transição de n Passos

Uma questão importante num PMPD é o da determinação da probabilidade do sistema vir a ocupar um certo estado j após n transições ou n passos, dado que se conhece seu estado inicial i (no tempo 0). Esta probabilidade será denotada por $\phi_{ij}(n)$. Assim,

$$\phi_{ij}(n) = P\{S(n) = j \mid S(0) = i\}, \quad \text{com } 1 \leq i, j \leq N \text{ e } n = 0, 1, 2, \dots \quad (4.11)$$

As probabilidades $\phi_{ij}(n)$ podem ser relacionadas com as probabilidades de transição p_{ij} e determinadas recursivamente pelas expressões:

$$\phi_{ij}(n+1) = \sum_{k=1}^N \phi_{ik} p_{kj}, \quad \text{com } n = 0, 1, 2, \dots$$

e
$$\phi_{ij}(0) = \delta_{ij}, \quad 1 \leq i, j \leq N, \quad \text{sendo } \delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se } i = j; \\ 0, & \text{c.c.} \end{cases} \quad (4.12)$$

Para as probabilidades ϕ_{ij} valem também as propriedades (4.9) relativas às probabilidades p_{ij} . As ϕ_{ij} também podem ser arranjadas na forma da matriz estocástica:

$$\mathbf{F}(n) = [\phi_{ij}(n)] \quad (4.13)$$

e as equações (4.12) podem ser escritas na forma matricial:

$$\begin{aligned} \mathbf{F}(n+1) &= \mathbf{F}(n)\mathbf{P} \\ \mathbf{F}(0) &= \mathbf{I} \end{aligned} \quad \text{com } n = 0, 1, 2, \dots \quad (4.14)$$

sendo \mathbf{I} é a matriz identidade. É fácil verificar que computando as matrizes $\mathbf{F}(n)$ para valores sucessivos de n , encontra-se a relação:

$$\mathbf{F}(n) = \mathbf{P}^n \quad (4.15)$$

Uma característica importante dos processos de Markov é que se for permitido ao processo passar por um grande número de transições, a matriz $\mathbf{F}(n)$ tende a estabilizar-se em torno de uma matriz \mathbf{F} , chamada “matriz limite de probabilidades de estado”. Nesse caso, escreve-se (impropriamente):

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}(\infty) = \mathbf{P}^\infty \quad (4.16)$$

4.8.6 - Probabilidades de Estado

Pode-se estar interessado na determinação das probabilidades do sistema vir a ocupar certos estados após algumas transições, sabendo-se das condições de partida do processo, ou seja, das probabilidades de ocupação dos estados no momento $n = 0$. Essas probabilidades serão denotadas por $\pi_1(n)$ e determinadas pela seguinte relação:

$$\pi_i(n) = \sum_{j=1}^N \pi_j(0) \phi_{ji}(n), \quad \text{com } i = 1, 2, \dots, N \text{ e } n = 0, 1, 2, \dots \quad (4.17)$$

Dado um ponto n no tempo, calculando $\pi_i(n)$, para todo i , obtém-se o “vetor de probabilidades de estado no tempo n ”, $\mathbf{p}(n)$:

$$\mathbf{p}(n) = [\pi_1(n), \pi_2(n), \pi_3(n), \dots, \pi_N(n)], \quad \text{com } n = 0, 1, 2, \dots \quad (4.18)$$

Assim, a igualdade acima pode ser escrita na forma matricial:

$$\mathbf{p}(n) = \pi(0) \mathbf{F}^n = \pi(0) \mathbf{P}^n, \quad \text{com } n = 0, 1, 2, \dots \quad (4.19)$$

e pela (4.19), chega-se a

$$\mathbf{p}(n+1) = \mathbf{p}(n) \mathbf{P} \quad (4.20)$$

4.8.7 - Vetor Limite de Probabilidades de Estado

Importa saber o que ocorre com o vetor $\mathbf{p}(n)$, quando vão sendo realizadas no processo mais e mais transições, ou seja, quando $n \rightarrow \infty$. Nesse caso, o processo entra na chamada fase de “regime estacionário”, onde as probabilidades $\pi_i(n)$ vão se aproximando de valores limites π_i . Por consequência, o vetor $\mathbf{p}(n)$ tende para o vetor limite $\mathbf{p} = [\pi_i]$. Então, pela (4.19), obtemos o vetor \mathbf{p} dado por:

$$\mathbf{p} = \mathbf{p}(0) \mathbf{P}^\infty = \mathbf{p}(0) \mathbf{F} \quad (4.21)$$

lembrando também que:
$$\sum_{i=1}^N \pi_i = 1 \quad (4.22)$$

4.9 - Conceitos

4.9.1 - Processo Completamente Ergódico

É todo PMPD que apresenta o vetor \mathbf{p} independente do vetor $\mathbf{p}(0)$, ou seja, as probabilidades π_i não dependem das condições de partida do processo. Nesse caso, as linhas da matriz \mathbf{F} são idênticas ao vetor \mathbf{p} . Mais adiante, isso será verificado e confirmado para o caso em análise.

4.9.2 - Estados Transientes

São estados cuja probabilidade de ocupação após um grande número de transições é zero.

4.9.3 - Estados Recorrentes

São estados cuja probabilidade de ocupação após um grande número de transições é diferente de zero.

4.9.4 - Estados Absorventes

São aqueles que, uma vez alcançados no processo, não são mais deixados.

4.10 - Cálculo Direto do Vetor \mathbf{p}

A relação (4.20) é satisfeita pelos sucessivos vetores de probabilidades de estado, particularmente, pelo vetor limite \mathbf{p} . Assim tem-se:

$$\mathbf{p} = \mathbf{pR} \quad (4.23)$$

Esta igualdade sintetiza as equações:

$$\pi_j = \sum_{i=1}^N \pi_i p_{ij} \quad , \quad \text{com } j = 1, 2, \dots, N \quad (4.24)$$

Incorporando às equações (4.24) a equação (4.22), obtém-se o sistema de (N+1) equações a N variáveis π_j :

$$\pi_j = \sum_{i=1}^N \pi_i p_{ij} \quad , \quad \text{com } j = 1, 2, \dots, N$$

$$\text{e} \quad \sum_{i=1}^N \pi_i = 1 \quad (4.25)$$

Outra forma de verificação da ergodicidade dos processos markovianos, é através da resolução do sistema acima. Nos processos completamente ergódicos, o sistema é determinado, ou seja, o vetor \mathbf{p} é único. No caso da não ergodicidade, a solução do sistema é indeterminada, indicando que as probabilidades limites dependem das condições de partida do processo.

4.11 - O Efeito Contração (*Shinkrage*)

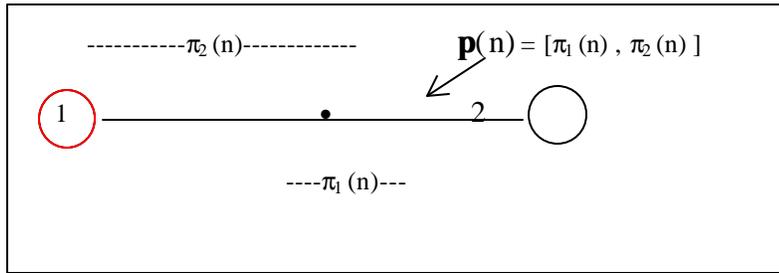
Um assunto que deve ser considerado e que será utilizado na análise deste problema, refere-se ao comportamento do processo durante a fase em que o mesmo está se aproximando da sua condição de regime estacionário.

À medida em que as transições vão se sucedendo, observa-se o que Howard (1971) chama de *shinkrage* (contração, redução) e diz respeito às “reduções” das regiões onde os vetores $\mathbf{p}(n)$ encontram ocupação. Esse efeito de contração pode ser explicado e visualizado através de um enfoque geométrico dado ao caso. Considerar-se-á os processos com dois e três estados, concentrando-se a atenção nos casos completamente ergódicos.

4.11.1 - Contração Para Dois Estados

Pode-se visualizar um processo markoviano de dois estados, considerando-se um segmento de reta de comprimento unitário, com os estados 1 e 2 ocupando os extremos desse segmento. Assim, qualquer vetor $\mathbf{p}(n)$ pode ser representado por um ponto no segmento conforme a figura abaixo.

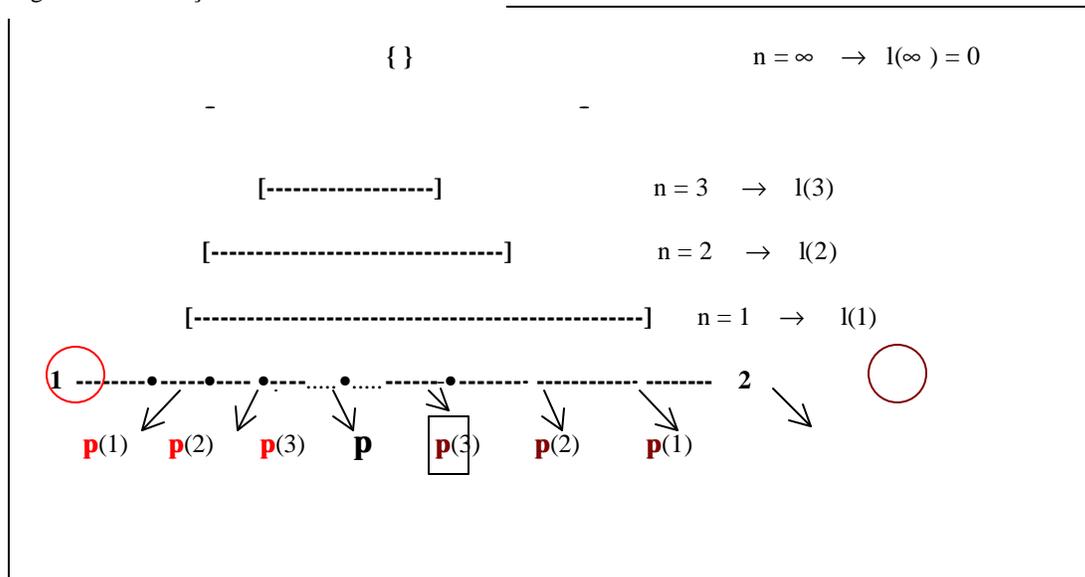
Fig.4.4 - Localização de $\mathbf{p}(n)$ - 2 Estados



Para cada n , $\mathbf{p}(n)$ ocupará posições distintas no segmento, dependendo de como foi inicializado o processo.

Na figura abaixo, representa-se por $\mathbf{p}(n)$ os vetores obtidos nas transições sucessivas, admitindo o processo iniciado no estado 1 e, por $\mathbf{p}(n)$, para o processo iniciado no estado 2. $\mathbf{p}(n)$ e $\mathbf{p}(n)$ são as linhas da matriz $\mathbf{F}(n)$.

Fig.4.5 - Contração Para 2 Estados



Não importando as condições iniciais do processo, ou seja, $\mathbf{p}(0)$, a medida que as transições vão se sucedendo ($n = 1, 2, 3, \dots$), os vetores $\mathbf{p}(n)$ vão se situando em regiões, no caso os segmentos de comprimentos $l(n)$, que experimentam reduções sucessivas. Para cada n , $\mathbf{p}(n)$ irá situar-se numa faixa compreendida entre os vetores $\mathbf{p}(n)$ e $\mathbf{p}(n)$, faixas essas, com comprimentos cada vez menores.

A redução ocorrida dá-se a cada transição e, o mais importante: sempre numa mesma razão. Esta razão chama-se “índice de contração” e será denotado por ic . Para o caso de dois estados, é obtido pelo quociente:

$$ic = l(n+1) / l(n)$$

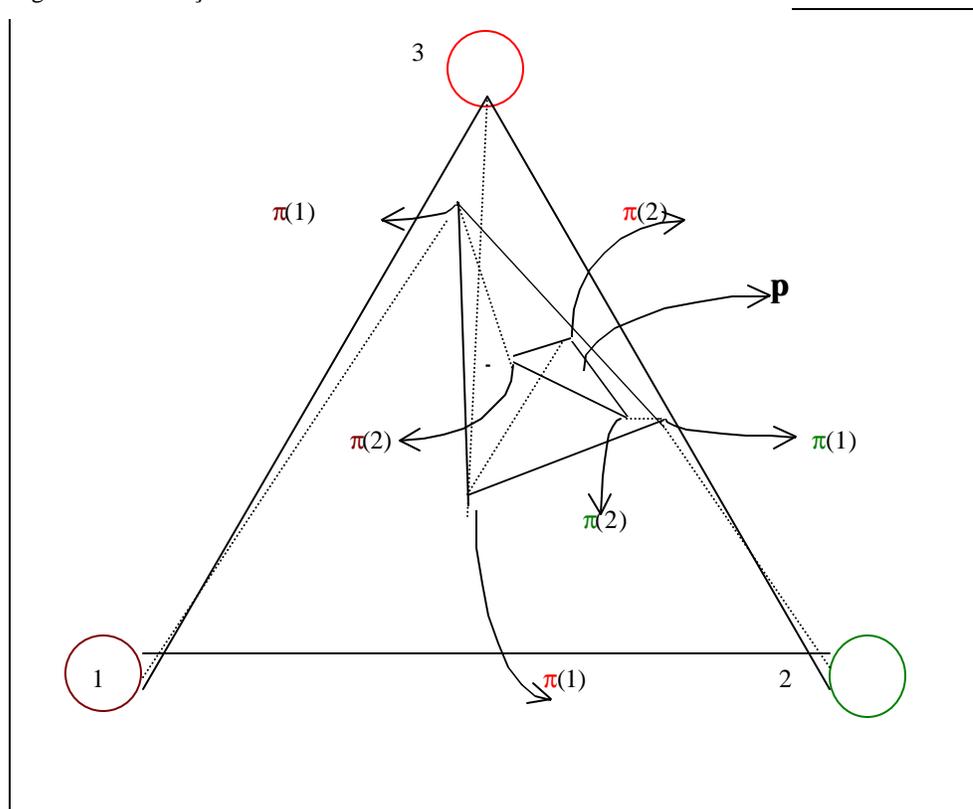
No limite, para $n \rightarrow \infty$, tem-se que $l(n) \rightarrow 0$ e $\mathbf{p}(n) \rightarrow \mathbf{p}$.

4.11.2 – Contração Para Três Estados

A análise realizada acima pode ser estendida para um processo com três estados. Nesse

caso, considera-se um triângulo equilátero com altura unitária com os estados do processo ocupando os vértices desse triângulo. É considerada aqui a conhecida propriedade de que a soma das perpendiculares aos lados do triângulo, a partir de um ponto qualquer interior ao mesmo, vale 1. Assim, qualquer ponto no interior do triângulo pode representar um vetor $\mathbf{p}(n)$. Como no caso anterior, considerando os estados 1, 2 e 3, representa-se por $\mathbf{p}(n)$, $\mathbf{p}(n)$ e $\mathbf{p}(n)$ os vetores de probabilidades de estado, considerando o processo partindo dos estados 1, 2 ou 3 respectivamente e, como antes, estes correspondem às linhas da matriz $\mathbf{F}(n)$. Para cada n , esses vetores irão constituir os vértices dos triângulos que vão sendo gerados interiormente ao triângulo inicial como expressa a figura abaixo:

Fig.4.6 - Contração Para 3 Estados



Durante a evolução do processo, as regiões de ocupação para os vetores $\mathbf{p}(n)$ vão se contraindo, agora na forma de triângulos, cujas áreas decrescem também numa razão constante. Esta razão, que é o índice de contração, nesse caso é dada por:

$$ic = A(n+1) / A(n)$$

onde $A(n)$ é a área do triângulo na n -ésima transição. O “triângulo limite” corresponderá ao ponto \mathbf{p} .

4.12 - Cálculo do Índice de Contração

Considerando o processo de 3 estados acima e que os vetores $\mathbf{p}(n)$, $\mathbf{p}(n)$ e $\mathbf{p}(n)$ são os vértices do triângulo de área $A(n)$, esta área é dada pela conhecida expressão, envolvendo o módulo de um determinante:

Utilizando propriedades dos determinantes e sendo $\mathbf{F}(n)$ uma matriz estocástica, a expressão acima pode ser escrita:

$$A(n) = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \phi_{13} & 1 \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \phi_{23} & 1 \\ \phi_{31} & \phi_{32} & \phi_{33} & 1 \end{vmatrix} = \frac{1}{2} |\mathbf{F}(n)|, \quad \text{com } n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (4.26)$$

A (4.27) pode ser estendida a processos com N estados para $N > 3$, sendo dada por:

$$A(n) = K |\mathbf{F}(n)|, \quad \text{com } n = 1, 2, 3, \dots \quad (4.28)$$

onde a constante K depende da dimensão de $\mathbf{F}(n)$ e da orientação do sistema de coordenadas no qual está inserida a região. Tem-se assim que :

$$A(n) = K |\mathbf{F}(n)| = K |\mathbf{P}|^n = K |\mathbf{P}|^n, \quad \text{com } n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (4.29)$$

como $ic = A(n+1) / A(n)$, pela relação acima obtém-se:

$$ic = |\mathbf{P}| \quad (4.30)$$

ou seja, o índice de contração é dado pelo módulo do determinante da matriz de transição de estados \mathbf{P} .

4.13 - Uma Outra Expressão Para a Matriz $\mathbf{F}(n)$

O comportamento das probabilidades de estado de um processo markoviano pode também ser observado por uma expressão que determina, a cada estágio do processo, a matriz $\mathbf{F}(n)$. Em Howard (1971), é demonstrado que a matriz $\mathbf{F}(n)$ pode ser dada pela soma seguinte:

$$\mathbf{F}(n) = \mathbf{P}^n = \mathbf{F} + \mathbf{T}(n) \quad (4.31)$$

onde, a matriz \mathbf{F} é a já conhecida matriz limite de probabilidades de estado, portanto, constante. $\mathbf{T}(n)$ é uma matriz variável resultante de uma soma de matrizes.

Também é mostrado que as matrizes \mathbf{F} e $\mathbf{T}(n)$ estão intimamente relacionadas com os valores característicos (ou autovalores - λ) da matriz de transição \mathbf{P} .

Para os processos completamente ergódicos com N estados a matriz \mathbf{P} produzirá N valores característicos λ ; um deles sempre valerá 1 e estará associado à matriz \mathbf{F} ; os demais $(N-1)$ valores, λ_i , serão tais que $|\lambda_i| < 1$ e estarão associados às matrizes que irão compor a matriz

$\mathbf{T}(n)$. Essas matrizes são então multiplicadas por seqüências geométricas do tipo $(\lambda_i)^n$ e, portanto, $\mathbf{T}(n) \rightarrow \mathbf{0}$, quando $n \rightarrow \infty$.

4.14 - Avaliação do Determinante da Matriz \mathbf{P}

Outro resultado importante a ser considerado diz respeito à magnitude do determinante da matriz \mathbf{P} .

Dado que os λ_i , com $i = 1, 2, 3, \dots, N$, são os valores característicos de \mathbf{P} , eles devem satisfazer a equação envolvendo o determinante da matriz $(\mathbf{P} - \lambda \mathbf{I})$ (Steinbruch, 1987):

$$|\mathbf{P} - \lambda \mathbf{I}| = (\lambda_1 - \lambda)(\lambda_2 - \lambda) \dots (\lambda_N - \lambda) = 0 \quad (4.32)$$

e, para $\lambda = 0$, obtém-se:

$$|\mathbf{P}| = \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_N \quad (4.33)$$

Como os λ_i são tais que $|\lambda_i| \leq 1$, tem-se a importante relação:

$$|\mathbf{P}| < 1 \quad (4.34)$$

O próximo capítulo tratará do modelo matemático indicado na abordagem do processo comercial da soja em grão no mercado externo.

5 O PROCESSO DE DECISÃO MARKOVIANO – APLICAÇÕES

5.1 - Processos Markovianos Com Retornos

Considere-se um PMPD com N estados. Se nas transições de estados forem gerados retornos para o sistema, (dinheiro, unidades de produção, etc.), tem-se um PMPD com retornos. Assim, define-se a quantidade r_{ij} como o “retorno ocorrido na transição do estado i para o estado j ” e estão associados às probabilidades de transição p_{ij} . Conforme já visto em 4.7.1, esses retornos podem ser arranjados sob a forma da matriz de ordem $N \times N$ dada por:

$$\mathbf{R} = [r_{ij}] \quad (5.1)$$

Seja agora um PMPD com N estados, onde as transições são realizadas segundo a matriz estocástica $\mathbf{P} = [p_{ij}]$, com retornos definidos pela matriz $\mathbf{R} = [r_{ij}]$. Pode-se então definir a variável $v_i(n)$ que representa o “retorno total esperado nas próximas n transições, estando o sistema atualmente no estado i ”.

A quantidade $v_i(n)$ pode ser repartida na soma de duas quantidades: o que o sistema espera ganhar na próxima transição, mais o que espera ganhar nas $(n-1)$ transições seguintes. Mais formalmente, escreve-se:

$$v_i(n) = \sum_{j=1}^N p_{ij} r_{ij} + \sum_{j=1}^N p_{ij} v_j(n-1) \quad (5.2)$$

$$q_i = \sum_{j=1}^N p_{ij} r_{ij} \quad (5.3)$$

e define-se a quantidade:

chamado “retorno esperado imediato para o estado i ”.

Reescrevendo a (5.2) tem-se:

$$v_i(n) = q_i + \sum_{j=1}^N p_{ij} v_j(n-1), \quad i = 1, 2, \dots, N \quad \text{e} \quad n = 1, 2, \dots \quad (5.4)$$

que, na forma de um vetor coluna com N componentes, fica:

$$\mathbf{v}(n) = \mathbf{q} + \mathbf{P} \mathbf{v}(n-1) \quad (5.5)$$

As quantidades $v_i(n)$ são calculadas recursivamente para cada i . Deve ser observado que na aplicação desta relação, os valores de $v_i(0)$ devem ser especificados, ou seja, devem ser conhecidos os retornos no final do processo para, recursivamente, serem calculados os demais $v_i(n)$. Na prática, os $v_i(0)$ dependem do processo a ser analisado.

5.2 - Processos de Decisão Markovianos

Dado um PMPD, se a cada estágio do processo e, para cada estado do mesmo, forem oferecidas alternativas a serem seguidas pelo decisor, se estará frente a um processo de decisão. Assim, um problema enquadrado como um Processo de Decisão Markoviano (PDM), é um problema particular de Programação Dinâmica e, como tal, tem como objetivo a busca de uma política ótima no sentido da otimização de uma função objetivo.

É importante observar que, se no decorrer do processo as alternativas de trocas de estado forem únicas, nada há a ser otimizado. Considera-se então que, para cada estado, sejam oferecidas alternativas ao decisor com suas respectivas matrizes de probabilidades de transição de estados e de retornos. Como ilustração, suponha-se um PDM com N estados e, para cada estado, definidas duas alternativas k ($k = 1, 2$) a serem escolhidas pelo decisor. Denota-se por:

p_{1j}^1 - a probabilidade de transição do estado 1 ao estado j pela alternativa 1;

p_{1j}^2 - a probabilidade de transição do estado 1 ao estado j pela alternativa 2;

... e assim por diante;

r_{1j}^1 - o retorno obtido na transição do estado 1 ao estado j pela alternativa 1;

r_{1j}^2 - o retorno obtido na transição do estado 1 ao estado j pela alternativa 2;

... e assim por diante.

Assim, para cada alternativa k , podem ser construídas as matrizes de probabilidades e retornos com elementos p_{ij}^k e r_{ij}^k .

5.3 - Duas Abordagens Para a Solução de PDM's

O primeiro ponto a ser observado na otimização de um PDM (e de todo problema de Programação Dinâmica) refere-se à duração do processo. Definido este aspecto, parte-se para definição do objetivo ou

critério a ser otimizado no processo. Se o PDM operar num intervalo limitado de tempo, o retorno total esperado também será limitado e constitui-se numa medida passível a ser otimizada. Contudo, esta medida passa a ser inadequada se o processo tiver duração ilimitada, pois, nesse caso, o retorno total esperado geralmente cresce sem limites. Nessas situações de longo prazo, é mais viável otimizar o que o sistema “espera” ganhar por transição de estado. Essas duas situações serão vistas a seguir.

5.4 - O Método de Iteração de Valores

Este método é indicado para processos de prazo limitado no tempo, geralmente de curta duração. Aqui, se objetiva maximizar o retorno total esperado, gerado no processo e buscando a melhor alternativa a seguir para cada estado, em função do tempo que resta para o encerramento do processo. Assim, o decisor estando a n estágios do final do processo, gostaria de saber que alternativa deverá seguir na próxima transição, estando momentaneamente, num certo estado i . Primeiro, considere-se k a alternativa escolhida no estado i no estágio n . Costuma-se associar às alternativas disponíveis números inteiros. Assim, k corresponde ao número da alternativa escolhida. Ao se especificar k para cada i e para cada n , define-se uma política a ser seguida. Se essa política for a que maximiza os retornos totais esperados, será a política ótima, ou seja, a solução do PDM. Redefinindo a quantidade q_i como q_i^k , tem-se :

$$q_i^k = \sum_{j=1}^N p_{ij}^k r_{ij}^k \quad (5.6)$$

que é o “retorno esperado imediato na próxima transição para o estado i , segundo a alternativa k ”. Com o que foi considerado acima, tem-se que:

“A política ótima a ser seguida num PDM com n estágios faltantes para o seu encerramento, será aquela que, a cada estágio n e para cada estado i , escolher, dentre todas as alternativas disponíveis, a alternativa k que maximizar a soma entre os retornos esperados imediatos e o que o processo esperar ganhar nas transições seguintes.” Ou seja, para cada i , encontrar k tal que:

$$v_i(n) = \text{MAX}_k \left[q_i^k + \sum_{j=1}^N p_{ij}^k v_j(n-1) \right], \text{ com } i = 1, 2, \dots, N \text{ e } n = 1, 2, \dots \quad (5.7)$$

Esta relação, chamada “equação de iteração de valores”, corresponde à versão “markoviana” da equação 4.1, vista no capítulo anterior. É uma relação recursiva, já que os $v_i(n)$ são calculados iterativamente. Como antes, os $v_i(0)$ devem ser especificados no início e geralmente dependem do caso em análise.

Quando n é grande, ou seja, nos processos de longo prazo, a convergência para a melhor alternativa em cada estado é obtida. Muitas vezes, porém, pode ser difícil garantir que se chegou à convergência. Muitas e muitas iterações teriam que ser realizadas, o que parece não ser muito eficiente nesses casos. O método a seguir contorna este problema.

5.5 - O Método de Iteração de Políticas

Este método é indicado para processos ilimitados (de longa duração). Antes da sua descrição, é necessário considerar dois pontos importantes que se verificam em PDM's desse tipo:

A) - O comportamento assintótico de $v_i(n)$

Howard (1960), fazendo uso das transformadas-z, mostra que nos processos de longa duração, quando $n \rightarrow \infty$, a expressão de $v_i(n)$ em (5.4) assume a forma assintótica linear dada por

$$v_i(n) = n \sum_{j=1}^N \phi_{ij} q_j + v_i, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (5.8)$$

sendo ϕ_{ij} os elementos da matriz \mathbf{F} .

B) - O ganho esperado por transição

Os valores $\sum_{j=1}^N \phi_{ij} q_j$ da equação (5.8) são valores limites. São as somas de retornos imediatos esperados, ponderados por probabilidades limites de estado, quando o sistema partiu do estado i . São ditos os “retornos esperados por transição do sistema, se o mesmo partiu do estado i após muitas transições” ou, mais resumidamente, ganho do estado i . Será denotado por g_i . Assim,

$$g_i = \sum_{j=1}^N \phi_{ij} q_j, \quad \text{com } i = 1, 2, \dots, N \quad (5.9)$$

e levando na (5.8), tem-se

$$v_i(n) = n g_i + v_i, \quad \text{com } i = 1, 2, \dots, N \quad (5.10)$$

ou, na forma vetorial:

$$\mathbf{v}(n) = n \mathbf{g} + \mathbf{v} \quad (5.11)$$

Observação:

Nos processos completamente ergódicos, onde as probabilidades limites de estado independem das condições de partida, tem-se:

$$\phi_{ij} = \pi_j, \quad \text{para todo } j \quad (5.12)$$

e considerando isto na (5.9), obtém-se:

$$g_i = g = \sum_{i=1}^N \pi_i q_i \quad (5.13)$$

ou seja, para processos completamente ergódicos e de duração ilimitada todos os estados têm o mesmo ganho por transição. O ganho g , também chamado ganho do processo, desempenha um papel fundamental, já que é maximizado durante a execução do método iterativo. Observa-se que g é um valor limite, já que é calculado a partir das probabilidades limites de estado. Assim, valores cada vez mais próximos a g vão sendo obtidos, à medida que mais e mais transições vão ocorrendo, com o processo entrando na sua fase estacionária.

Deve-se ressaltar que o caso analisado neste trabalho, como será visto no capítulo 8, foi “aproximado” a um PDM de longa duração, o que facilita o gerenciamento do processo comercial, pois as decisões provindas das políticas estacionárias geradas independem dos estágios em que o processo se encontra.

Com relação ao número de políticas geradas, considere-se um PDM completamente ergódico e com várias alternativas a seguir em cada estado. À primeira vista, um modo natural de se chegar à política ótima seria construir todas as políticas possíveis, calcular os respectivos ganhos, através da relação (5.13) e escolher, dentre todas, aquela que viesse a produzir o maior g . Este procedimento pode ser admissível para sistemas com poucos estados e alternativas. A questão se complica para sistemas maiores. O número de políticas possíveis de serem construídas cresce exponencialmente com o número de estados e alternativas. Um sistema, por exemplo, com 300 estados e 10 alternativas para cada estado, admite 10^{300} políticas possíveis a serem analisadas, o que é inviável computacionalmente.

O método de Iteração de Políticas, desenvolvido por Ronald Howard no final da década de 50, resolve PDM's que evoluem no longo prazo, contornando também a questão computacional acima. A política e o ganho g , ótimos, são obtidos geralmente em poucas iterações. O método resume-se num ciclo iterativo envolvendo a solução de sistemas de equações lineares e comparações subseqüentes. A cada iteração, é gerada uma nova política que produz para o sistema um ganho não inferior ao obtido na iteração anterior. Isso será provado mais adiante.

5.5.1 - Considerações Preliminares

Antes da descrição do método, faz-se necessário algumas considerações.

Suponha-se um PDM com N estados sendo operado segundo uma dada política. Portanto, ficam já definidas as matrizes de probabilidades e retornos que descrevem o processo. Viu-se para o caso de horizonte limitado, que, a n estágios do encerramento do processo, estando o mesmo no estado i , o retorno total esperado vale:

$$v_i(n) = q_i + \sum_{j=1}^N p_{ij} v_j(n-1), \text{ com } i = 1, 2, \dots, N \text{ e } n = 1, 2, \dots \quad (A)$$

Se $n \rightarrow \infty$, então $v_i(n)$ assume a forma:

$$v_i(n) = n g + v_i, \text{ com } i = 1, 2, \dots, N \quad (B)$$

levando (B) em (A) e simplificando, tem-se:

$$g + v_i = q_i + \sum_{j=1}^N p_{ij} v_j, \text{ com } i = 1, 2, \dots, N \quad (5.14)$$

A igualdade acima constitui-se num sistema de N equações a $(N+1)$ variáveis: as N variáveis v_i e a variável g . Portanto, um sistema indeterminado. É fácil verificar que essas equações se mantêm para soluções do tipo $(v_i + c)$, onde c é uma constante. Basta então fazer algum v_i igual a zero ($v_N = 0$, digamos) e resolver o sistema, agora, a N variáveis: g e os $(N-1)$ v_i restantes. Para PDM's completamente ergódicos este sistema tem solução única.

Na implementação computacional deste método iterativo, foi utilizado o algoritmo de Crout (Hildebrand, 1961) para a resolução do sistema acima. Esse algoritmo otimiza o tempo e o espaço de memória para arquivar a matriz dos coeficientes.

Observação:

Os v_i obtidos na solução do sistema (5.14) são chamados "valores relativos" de cada estado, já que a solução do sistema não fornece os valores reais ou absolutos. A diferença entre dois valores relativos tem a seguinte interpretação, considerando-se os estados i e j :

$$v_i(n) = n g + v_i \text{ e } v_j(n) = n g + v_j$$

e assim,

$$v_i(n) - v_j(n) = v_i - v_j$$

ou seja,

$v_i - v_j$ é a diferença entre os ganhos totais no longo prazo, quando o processo inicia no estado i ao invés de iniciar no estado j .

5.5.2 - Descrição do Método

O ciclo iterativo é constituído de duas etapas: Determinação de Valores e Rotina de Melhoria, descritas a seguir:

Etapa 1 - Determinação de Valores

Inicia-se a 1ª iteração definindo-se uma política inicial arbitrária P , ou seja, para cada estado é associada uma alternativa a ser seguida. É aconselhável utilizar uma política P que, intuitivamente, já conduza a um alto ganho e determina-se as probabilidades de transição p_{ij} e os retornos imediatos q_i relativos à política escolhida.

A seguir, resolve-se o sistema linear de N equações nas N variáveis g e v_i :

$$g + v_i = q_i + \sum_{j=1}^N p_{ij} v_j, \text{ com } i = 1, 2, \dots, N \text{ e fazendo } v_N = 0 \quad (5.15)$$

Etapa 2 - Rotina de Melhoria

Isolando g na (5.15), tem-se:

$$g = q_i - v_i + \sum_{j=1}^N p_{ij} v_j \quad (5.16)$$

Com os v_i obtidos na etapa anterior testa-se, no 2º membro da (5.16), todas as alternativas k disponíveis em cada estado i , substituindo os q_i e os p_{ij} relativos à política inicial, pelos respectivos valores q_i^k e p_{ij}^k .

A obtenção de valores maiores para o 2º membro da (5.16), mediante o uso de uma alternativa k diferente da inicial, é uma indicação de que haverá um maior ganho para o processo através de uma troca de alternativa. Assim, escolhe-se, para cada estado i , a alternativa k que produza o maior valor para a “quantidade teste” G_i , dada por :

$$G_i^k = q_i^k - v_i + \sum_{j=1}^N p_{ij}^k v_j \quad (5.17)$$

Quando todas as novas alternativas forem escolhidas para cada i , tem-se uma nova política, que, por sua vez, definirá novas matrizes de probabilidades de transição e de retornos.

5.5.3 – O Ciclo Iterativo

O ciclo iterativo acima pode ser resumido nos dois seguintes passos:

Passo A:

Parte-se de uma política inicial e resolve-se o sistema de equações:

$$g + v_i = q_i + \sum_{j=1}^N p_{ij} v_j, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, N \text{ e fazendo } v_N = 0$$

Passo B:

Com g e os v_i determinados acima, busca-se a alternativa k , para cada estado i , que maximiza a quantidade teste:

$$G_i^k = q_i^k - v_i + \sum_{j=1}^N p_{ij}^k v_j$$

Com a nova política assim definida, volta-se ao Passo A, determinam-se os novos valores dos v_i , de g e o procedimento é repetido.

Observações:

- não ocorre troca de alternativa k para um estado i , se a mesma não indicar um valor maior para G_i^k ;
- o processo encerra quando não houver mais troca de alternativas para todos os estados em duas iterações sucessivas, ou seja, quando forem obtidas duas políticas idênticas sucessivas.

5.5.4 - Propriedades

Serão apresentadas, a seguir, três propriedades relativas ao método de Iteração de Políticas com as provas das duas últimas (Howard, 1971).

1ª Propriedade :

“O ganho do processo é expresso como uma soma ponderada de quantidades testes.”

Considere-se A e B duas políticas obtidas no ciclo iterativo, sendo a política B uma política de melhoria em relação à A . O símbolo G_i^{BA} irá significar “ a quantidade teste calculada para o estado

i, segundo a alternativa B, utilizando os valores relativos v_i provindos da política A". Assim, tem-se:

$$\mathbf{G}_i^{BA} = q_i^B - v_i^A + \sum_{j=1}^N p_{ij}^B v_j^A \quad (5.18)$$

Neste caso, o ganho do processo segundo a política B, g^B , é dado por:

$$g^B = \sum_{i=1}^N \pi_i^B \mathbf{G}_i^{BA} \quad (5.19)$$

2ª Propriedade :

“O ganho g do processo cresce segundo uma política de melhoria.”

Seja uma política A. Pela notação (5.19), pode-se escrever:

$$g^A = \mathbf{G}_i^{AA}$$

Se B é uma política de melhoria, tem-se:

$$\mathbf{G}_i^{BA} \geq \mathbf{G}_i^{AA} = g^A, \text{ para todo } i$$

e se, as políticas não forem idênticas ($A \neq B$) para pelo menos um estado i , ter-se-á:

$$\mathbf{G}_i^{BA} > \mathbf{G}_i^{AA}$$

Se esse estado i for recorrente segundo a política B, ou seja, $\pi_i^B \neq 0$, tem-se:

$$g^B = \sum_{i=1}^N \pi_i^B \mathbf{G}_i^{BA} > \sum_{i=1}^N \pi_i^B g^A = g^A$$

logo, $g^B > g^A$ para $A \neq B$

3ª Propriedade :

“O método converge para uma política ótima”.

Verifica-se isso por contradição. Suponha-se que $g^B > g^A$, mas a política de melhoria convergiu para a política A. Portanto,

$$\mathbf{G}_i^{BA} \leq \mathbf{G}_i^{AA} = g^A$$

e, como antes, tem-se:

$$g^B = \sum_{i=1}^N \pi_i^B \mathbf{G}_i^{BA} \leq \sum_{i=1}^N \pi_i^B g^A = g^A$$

logo, $g^B \leq g^A$ é uma contradição.

5.6 - Casos Práticos de Processos de Decisão Markovianos

As situações práticas, envolvendo processos de decisão estocásticos, têm encontrado na hipótese markoviana um terreno fértil no que concerne à modelagem dos mesmos. Conforme já foi dito anteriormente, esta hipótese simplifica a estrutura probabilística dos processos o que facilita a sua abordagem e o seu trato computacional.

No final dos anos 50 e início dos anos 60, os PDM's tiveram um grande impulso com os trabalhos de Bellman e de Howard. Já nos anos 70 e 80, tem-se encontrado um grande número de trabalhos referentes às mais diversas áreas de aplicações desses processos, sobretudo devido ao avanço no setor computacional que concomitantemente ocorreu. O pesquisador norte americano D.J.White vem trabalhando na coleta de trabalhos constantes da literatura especializada e referentes aos PDM's. Em seus três artigos, publicados nos anos de 1985, 1988 e 1993, White registrou mais de 150 trabalhos envolvendo esse tipo de modelagem em processos de decisão nas mais diversas áreas de aplicações. Muitos desses trabalhos utilizam dados reais com os seus resultados implementados ou, que de alguma forma, tiveram influência nas decisões.

A seguir, passa-se a relatar de forma sucinta alguns desses trabalhos e outros constantes na literatura que, para este autor, pareceram ser os mais significativos.

5.6.1 - Trabalhos em Áreas Diversas

Crescimento Populacional

No trabalho de Mendelssohn (1978), decisões devem ser tomadas, a cada ano, quanto ao tamanho de uma população de peixes a ser deixada para procriar para o ano seguinte. Os estados do processo são os números de espécies em cada categoria. Os novos estados para o ano seguinte dependem das quantidades deixadas para procriação, de um fator randômico, bem como das decisões tomadas. Objetiva-se, neste trabalho, otimizar os retornos esperados descontados num número limitado de anos.

Agricultura

Audsley (1984) trata do caso onde, a cada dia, o produtor rural deve decidir se semeia, se ara a terra ou nada faz. Os estados do sistema são as áreas não semeadas, não aradas e as condições do solo. O processo é tratado como de duração limitada e busca-se otimizar os custos esperados provindos das perdas havidas pela não utilização do solo.

Recursos Hídricos

Little (1955) apresentou o caso onde as decisões devem ser tomadas quanto ao volume de água a ser utilizada na geração de energia elétrica, quando existem outros métodos alternativos e as demandas são conhecidas para um dado período de tempo. Os estados do sistema são os níveis atuais e as afluições ocorridas no período anterior. Os estados para o próximo estágio, dependem das afluições anteriores e atuais e das decisões tomadas. Busca-se a otimização dos custos esperados para um período limitado de tempo.

Manutenção e Reparos

No trabalho de Love et all. (1982), quando um veículo estraga, uma decisão deve ser tomada quanto ao seu conserto, ou à sua substituição. Os estados, nesse caso, são as idades do veículo em anos. Para cada idade, é imposto um limite para o custo do conserto. O problema foi modelado para um horizonte ilimitado de tempo com o método de Iteração de Políticas de Howard sendo utilizado. Objetiva-se aqui otimizar os custos descontados dos consertos e substituições.

Investimentos

O trabalho de Norman & White (1965) apresenta o caso de uma companhia de seguros, que, a cada dia, deve tomar decisões sobre que volume de seu saldo bancário poderia utilizar para investimentos, sob um clima de reivindicações aleatórias, despesas e cancelamentos. Os estados do sistema, em cada dia, são os saldos bancários da companhia e, os novos estados dependem dos eventos mencionados e das decisões tomadas. Busca-se otimizar o saldo bancário esperado para um horizonte limitado de tempo.

Promoção de Vendas

Em Herniter & Magee (1961), uma promoção de vendas por envio de catálogos é efetuada. Busca-se determinar quais catálogos enviar para clientes individuais, levando em conta os custos

e os retornos daí advindos. Os estados do sistema são as compras históricas dos clientes. Lucros líquidos por unidade de tempo devem ser otimizados, sendo dirigido ao caso, o método Policy Iteration de Howard. Um trabalho similar, envolvendo venda por catálogos, pode ser encontrado em Ramalho (1993).

Seguros

No trabalho de Lanzenauer (1974), um motorista envolvido num acidente deve decidir se faz uso ou não da sua indenização junto à companhia seguradora. Os estados do sistema são a categoria de risco atualmente ocupada e o número de acidentes que ele já tenha tido no corrente ano. O caso foi modelado como de horizonte limitado, sendo otimizada a soma esperada descontada dos custos dos consertos já pagos pelo motorista e os seus prêmios de seguro.

Análise Seqüencial

O trabalho de Novaes (1970) trata da otimização de testes seqüenciais de hipóteses simples. Os erros de 1ª e 2ª espécies são determinados via redução do problema a um processo de Markov e otimizado pelo método de Iteração de Políticas de Howard. As fronteiras das regiões de aceitação e rejeição são determinadas de tal forma que o custo global esperado na realização dos testes é mínimo.

Saúde

No trabalho de Lefevre (1981), em razão de um caso epidêmico ocorrido, as decisões devem ser tomadas quanto aos níveis de quarentena e de tratamento médico que deverão ser utilizados. Os estados são o número de pessoas infectadas e que podem transmitir a doença. Os novos estados dependem das taxas de propagação da doença e das decisões tomadas. Otimizam-se aqui os custos esperados durante o período epidêmico.

Hospitalar

Em Lopez-Toledo (1976), as decisões devem ser tomadas se um paciente deve ou não ser admitido num hospital. Os estados do sistema correspondem ao tamanho da população hospitalar atual e os novos estados dependem das altas hospitalares havidas e das decisões tomadas. Objetiva-se otimizar os retornos esperados descontados num horizonte limitado de tempo.

Localização

No estudo de Rosenthal et al.(1978), um serviço de facilidades deve deslocar-se de um lugar a outro em razão de demandas pelo serviço. Os estados do sistema são as localizações do serviço de facilidades e dos clientes. Os novos estados dependem da localização da próxima chamada por serviços e das decisões tomadas. São otimizados os custos esperados descontados num horizonte de prazo limitado.

5.6.2 - Aplicações nas Áreas de Compras, Vendas e Estoques

É conveniente considerar separadamente dos trabalhos acima, aqueles modelados como PDM's em áreas similares a este caso em análise. O autor não encontrou na literatura trabalhos que tratassem de casos como este, tanto no sentido do método a ele dirigido, como na definição dos estados do processo, envolvendo simultaneamente três variáveis, como preços de compra, venda e níveis de estoques. Os trabalhos mais significativos nessa área comercial são descritos sucintamente a seguir:

No trabalho de Kingsman (1969), as decisões devem ser tomadas quanto ao volume de uma certa mercadoria a ser comprada, sob um ambiente de preços flutuantes e demanda conhecida. Os estados do sistema são os níveis de estoques e os preços da mercadoria. Os novos estados, no próximo estágio, dependem dos novos preços e das decisões tomadas. A modelagem do problema considerou o caso de duração limitada, onde os custos esperados são otimizados em função das demandas requeridas.

O trabalho de Kalyon (1978) é similar ao de Kingsman. As demandas, porém, são incertas e os preços da mercadoria dependem, tanto dos preços anteriores, como do tempo. Os custos esperados descontados são otimizados, considerando na modelagem o processo sendo de duração limitada.

O estudo realizado por Golabi (1985) também é similar ao de Kingsman. Neste caso, ocorre uma sensível variação nos custos de estoques, com os preços dependentes do tempo. A modelagem deu-se como a efetuada por Kingsman.

No trabalho de Sobel (1970), as decisões tomadas dizem respeito ao nível de força de trabalho que, uma vez escolhido, deve permanecer fixo e os níveis de produção nas épocas das decisões para satisfazerem uma demanda aleatória. Os estados do sistema são os níveis de estoques. Os novos estados dependem das demandas correntes e das decisões tomadas. As abordagens de duração limitada e ilimitada foram dadas ao caso. Otimizou-se os custos esperados descontados advindos da satisfação das demandas observadas.

Em Symonds (1971), as decisões são relativas às quantidades de uma dada mercadoria a serem encomendadas nos períodos de tomadas de decisão à luz de demandas aleatórias. Os estados aqui são os níveis de estoques e os novos estados dependem da demanda atual e das decisões tomadas. Otimiza-se os custos esperados num horizonte limitado de tempo.

O trabalho de Thomas (1974) é similar ao de Symonds, onde o preço de venda do produto também é uma decisão a ser tomada e as demandas são dependentes desses preços. Otimizam-se os custos esperados descontados num horizonte limitado de tempo.

Em Burstein et al.(1984), tem-se o caso onde as decisões a serem tomadas referem-se à quantidade de um produto a ser produzido, quando as quantidades demandadas são conhecidas, mas o intervalo de tempo entre as demandas é incerto. Os estados do sistema são os níveis atuais de estoques e a série histórica das demandas observadas até a época da decisão. Os novos estados dependem das demandas atuais e das decisões tomadas. São otimizados os custos esperados para um horizonte limitado de tempo.

No estudo realizado por Karmakar (1981), as decisões devem ser tomadas quanto aos níveis das várias operações requeridas para incrementar os estoques de uma gama de produtos para satisfazer demandas incertas. Os estados do sistema são os níveis de estoques dos produtos e, os novos estados, no estágio seguinte, dependem das demandas atuais e das decisões tomadas. São otimizados os custos esperados descontados num horizonte limitado de tempo.

No próximo capítulo são definidas as estruturas utilizadas no processo de decisão comercial da soja com o mercado externo, aproveitando-as na resolução de um exercício.

6 MODELAGEM BÁSICA DO PROCESSO

EXERCÍCIO DE APLICAÇÃO

6.1 - Introdução

Neste capítulo, será apresentada uma versão inicial do problema da comercialização da soja em grão com o mercado externo. Trata-se, na realidade, de um exercício bastante significativo para a proposta final deste trabalho, pois aqui será realizada a modelagem básica do problema. Serão definidos os estados do processo, as alternativas para os estados e duas importantes matrizes de probabilidades. O modelo será construído e sua implementação computacional realizada.

Relembrando o capítulo 1, o problema de decisão relativo ao comércio da soja, refere-se ao caso de uma cooperativa de comercialização agrícola que, tendo por base os preços de compra, venda e os níveis dos seus estoques, deve decidir, a cada semana, se compra ou vende quantidades de soja ou, simplesmente, aguarda.

A cooperativa trabalha num horizonte de longo prazo e a sua administração objetiva maximizar os seus ganhos esperados semanais. Cabe portanto, à cooperativa, a responsabilidade da comercialização da produção. O processo foi enquadrado como um PDM e sua otimização foi efetuada através da utilização do método de Iteração de Políticas de Howard.

Um fato importante deve ser ressaltado nesta versão para o caso: considera-se aqui uma situação irreal no comércio da soja com o mercado externo, pois faz-se a suposição que a comercialização se estenda durante todo o ano, prática que não acontece. Existe uma fase relativamente bem definida no ano durante a qual o fluxo comercial realmente se dá, que é durante a safra e isso irá influir na modelagem do processo. Este fato será tratado no próximo capítulo, sendo básico para a abordagem definitiva dada ao problema.

6.2 - Estruturas Básicas do Processo

Sendo o caso um processo de decisão estocástico, o mesmo foi estruturado com base nas variáveis e conceitos apresentados nos capítulos 4 e 5. Passa-se então à construção das estruturas básicas que compõem o processo, visando a sua modelagem.

6.2.1 - Preços de Compra e Venda

Conforme já foi visto no capítulo 3, os preços de compra c e venda v são dados pelas séries históricas semanais, definidas no item 3.4 e representadas no gráfico 3.2. Essas séries encontram-se no Anexo A e correspondem ao período de agosto de 1992 a julho de 1996. Os preços foram construídos de forma a expressar valores líquidos, portanto, os ganhos semanais esperados também representam valores líquidos.

A partir das séries de preços, foram construídas 7 classes ou intervalos de preços igualmente espaçados para c e v . É importante observar que embora qualquer valor para os preços possa vir a situar-se num intervalo de sua respectiva série, serão considerados para valores efetivamente assumidos por c e v os valores médios de cada classe.

Abaixo, descreve-se as classes de preços, dados em US\$/t, utilizando-se a conhecida notação para os intervalos numéricos.

Classes de preços de compra	Classes de preços de venda	
[137,41 ; 150,35)	[148,01 ; 161,42)	
[150,35 ; 163,29)	[161,42 ; 174,83)	[163,29 ; 176,23)
) [174,83 ; 188,24)		
[176,23 ; 189,17)	[188,24 ; 201,65)	(6.1)
[189,17 ; 202,11)	[201,65 ; 215,06)	
[202,11 ; 215,05)	[215,06 ; 228,47)	
[215,05 ; 227,99)	[228,47 ; 241,88)	

O Quadro 6.1 traz os níveis de preços de compra e venda dados em US\$/t.

Quadro 6.1 - Níveis de c e v

Níveis	Compra (c)	Venda (v)
1	143,88	154,72
2	156,82	168,13
3	169,76	181,54
4	182,70	194,95
5	195,64	208,36
6	208,58	221,77
7	221,52	235,18

Observação:

Se, numa semana s , o preço de venda v recair na classe [174,83 ;188,24), v estará no nível 3 ou no estado de “preço de venda 3” e considera-se: $v_3 = \text{US\$ } 181,54$. Analogamente, com os preços de

compra, ou seja, $c_4 = 182,70$ indica que o preço de compra na semana s encontra-se na classe $[176,23 ; 189,17)$.

6.2.2 - Níveis de Estoques

Foram também considerados 7 níveis de estoques e , dados em toneladas (t). O limite máximo definido para os estoques foram de 30.000 t. Estes níveis são dados no quadro 6.2 abaixo.

Quadro 6.2 - Níveis de e

Níveis	1	2	3	4	5	6	7
Valores	0	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000	30.000

Observação:

Por “estoques no nível 3” entende-se $e_3 = 10.000$ t.

6.2.3 - Estados e Estágios do Processo

O item 4.7.1 do Cap. 4 tratou dos conceitos de Programação Dinâmica aplicados a esse processo de decisão. Viu-se que todas as combinações possíveis dos valores de c , v e

e constituem os estados do processo. Assim, esse problema é um PDM com 343

estados, representados genericamente pela terna de números: $E = (c, v, e)$. Por exemplo: o estado $E' = (c_2, v_2, e_4) = (156,82, 168,13, 15.000)$ é um estado do processo. Por outro lado, os pontos semanais onde são verificados os estados e as decisões são tomadas, correspondem aos estágios do processo. Os novos estados no próximo estágio (semana) dependerão dos estados atuais em que se encontra o processo e das decisões tomadas nesse estágio atual.

É importante observar que a substituição dos preços de compra e venda, ocorridos a cada semana, pelos valores médios de cada classe, assim como a discretização dos níveis de estoques, constituem uma simplificação importante que se faz no problema. Esta simplificação é imposta para que não haja uma explosão combinatorial no número de estados do sistema, tornando inviável o seu trato computacional.

6.2.4 - Alternativas Para os Estados e Retornos por Transição

Define-se 3 tipos de alternativas para os estados. Para cada uma delas, tem-se um retorno correspondente. Simbolizar-se-á por:

I : n^o de ordem do estado;

r_{IK} : retorno na transição do estado I pela decisão de escolher a alternativa K , sendo positivo para as receitas e negativo para custos ou desembolsos.

Considera-se também que as operações de compra e venda sejam efetuadas em quantidades discretas ou lotes, definindo-se para o valor de 1 lote a quantidade de soja equivalente a 5.000 t.

Convém observar também que os retornos r_{IK} não incluem os custos de armazenagem, pois como se viu em 3.2, esses custos já estão incluídos nos 7% que são descontados do preço de balcão pago ao produtor. Tem-se assim:

- Alternativa A : Aguardar.
- Retorno : $r_{IA} = 0$

- Alternativa B : Comprar n lotes até o limite de estoque máximo.
- Retorno : $r_{IB} = - n.lote.c_I$

- Alternativa C : Vender n lotes até o estoque máximo disponível.
- Retorno : $r_{IC} = n.lote.v_I$ (6.2)

As alternativas de tipos B e C podem ser desdobradas em 6 alternativas para cada tipo, ou seja:

- Tipo B : comprar 1 lote ou comprar 2 lotes . . . ou comprar 6 lotes.
- Tipo C : vender 1 lote ou vender 2 lotes . . . ou vender 6 lotes.

Para efeitos computacionais, essas alternativas foram codificadas pelos números inteiros de 1 a 13 conforme o Quadro 6.3. Esta codificação foi utilizada no Anexo C.

Quadro 6.3 - Alternativas Para os Estados

Código	Alternativa
1	Aguardar
2	Compra 1 lote
3	Comprar 2 lotes
4	Comprar 3 lotes
5	Comprar 4 lotes
6	Comprar 5 lotes
7	Comprar 6 lotes
8	Vender 1 lote
9	Vender 2 lotes
10	Vender 3 lotes
11	Vender 4 lotes

12	Vender 5 lotes
13	Vender 6 lotes

É importante ressaltar que nem todas as alternativas são viáveis para todos os estados, já que as restrições de estoques e capacidade devem ser respeitadas. Para os estados do tipo $E = (c, v, 0)$, por exemplo, as alternativas do tipo C não estão disponíveis. Computacionalmente, isso é realizado, impondo ao processo um custo extremamente elevado, o que inibe a escolha desse tipo de alternativa para esses estados.

6.2.5 - Matrizes de Transição e Condicional

A partir dos 7 níveis de preços de compra e venda, são definidas duas matrizes: a Matriz das Probabilidades de Transição de Preços de Venda (**PTV**) e a Matriz das Probabilidades Condicionadas de Preços de Compra, dados os Preços de Venda (**PCV**), ambas de ordem 7×7 . Uma rotina computacional foi desenvolvida para a construção destas matrizes com base nas séries históricas de preços do Anexo A. São básicas na modelagem markoviana do problema.

Matriz de Probabilidades de Transição de Preços de Venda - PTV

Define-se a matriz **PTV**, cujo elemento genérico, ptv_{ij} , tem o seguinte significado:

Considerando todas as semanas de tipos s e $s+1$, com $s = 1, 2, \dots, 208$, constantes da série histórica de preços de venda, ptv_{ij} é a probabilidade de ocorrer preço de venda j em $s+1$, dado que ocorreu preço de venda i em s . Obteve-se:

$$\mathbf{PTV} = \begin{bmatrix} 0,90 & 0,10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,07 & 0,82 & 0,11 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,13 & 0,64 & 0,23 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,28 & 0,55 & 0,17 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,24 & 0,52 & 0,24 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,20 & 0,53 & 0,27 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,23 & 0,77 \end{bmatrix} \quad (6.3)$$

É interessante mostrar como a matriz acima foi construída. A rotina computacional utilizada seguiu os seguintes passos:

Passo 1:

A partir da determinação das classes de preços de venda em 6.2.1, determinou-se a frequência com que esses preços ocuparam cada uma das classes. Assim construiu-se o vetor $\mathbf{f} = [f_i]$, obtendo-se:

$$\mathbf{f} = [40, 54, 40, 29, 17, 15, 13] \quad (6.4)$$

$f_4 = 29$ significa que durante 29 semanas os preços de venda recaíram na classe de preço de venda 4.

Passo 2:

Considere-se novamente a classe de preço de venda 4. Para cada semana com v nesta classe, foi observada a semana seguinte e registrou-se a frequência de vezes em que v permaneceu na classe 4 ou evoluiu para as demais classes. Isto foi realizado para todas as classes, o que permitiu construir a matriz $\mathbf{M} = [m_{ij}]$. Obteve-se:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 36 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 44 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 26 & 9 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8 & 16 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 9 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 8 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 10 \end{bmatrix} \quad (6.5)$$

O elemento m_{43} , acima assinalado, informa que das 29 semanas em que v encontrava-se na classe 4, em 8 ocasiões v evoluiu para a classe de preço de venda 3 na semana seguinte.

Passo 3:

A partir do vetor \mathbf{f} e da matriz \mathbf{M} , determinou-se a matriz \mathbf{PTV} , onde $ptv_{ij} = m_{ij}/f_i$.

Assim, o elemento assinalado na matriz \mathbf{PTV} , $ptv_{43} = 0,28$, significa que “existe uma probabilidade igual a 28% de, na próxima semana, o preço de venda estar no nível 3, dado que na semana atual este preço se encontra no nível 4”.

Matriz de Probabilidades Condicionadas de Preços de Compra, Dados Preços de Venda - PCV

Define-se a matriz \mathbf{PCV} , cujo elemento genérico, pcv_{ij} , tem o seguinte significado:

Considerando todas as semanas do tipo $s+1$, com $s = 1,2,\dots,208$, constantes das séries históricas de preços de compra e venda, pcv_{ij} é a probabilidade de ocorrer preço de compra j em $s+1$, dado que ocorreu preço de venda i em $s+1$. Obteve-se:

$$\mathbf{PCV} = \begin{bmatrix} 0,25 & 0,03 & 0,10 & 0,47 & 0,15 & 0 & 0 \\ 0,25 & 0,15 & 0,15 & 0,43 & 0,02 & 0 & 0 \\ 0,03 & 0,10 & 0,37 & 0,27 & 0,23 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,21 & 0,58 & 0,21 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,06 & 0,41 & 0,35 & 0,18 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,20 & 0,73 & 0,07 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,07 & 0,29 & 0,64 \end{bmatrix} \quad (6.6)$$

O elemento $pcv_{35} = 0,23$ significa que “existe uma probabilidade 23% de na próxima semana o preço de compra estar no nível 5, dado que, na mesma semana, o preço de venda estará no nível 3”. A construção da matriz **PCV** dá-se de forma análoga a da matriz **PTV**.

A grande vantagem dessas matrizes está no “poder” de representação dos seus elementos. Eles “carregam” toda uma história de acontecimentos passados, história essa consubstanciada em probabilidades de variações semanais de preços. Observe-se, por exemplo, a 2ª linha da matriz **PTV**: ela informa o “grau de crença” que alguém poderá ter com relação às flutuações semanais nos preços de venda v , quando estes encontrarem-se no nível 2. Ou seja, para um decisor preocupado em estabelecer um plano de ação comercial e sem grandes informações sobre o mercado, a referida linha lhe fornece uma indicação importante: as flutuações (ou transições) de v , de uma semana para a seguinte, dar-se-ão nas proporções indicadas pelos seus elementos e tudo o que possa ter influenciado essas flutuações fica reduzido a um simples número.

6.2.6 - Probabilidades de Transição de Estado

Considerando a dependência existente entre as transições dos preços de compra em relação às de venda, define-se a *probabilidade de transição do estado E' para o estado E'', segundo a decisão k, da semana s para a semana s+1* ($p_{E'E''}$) do modo seguinte:

$$\begin{array}{l} s \text{ -----} > s+1 \\ E' = (c_i, v_j, e_{l'}) \text{ -----} > E'' = (c_i'', v_j'', e_{l''}) \end{array}$$

para $k = A$ (aguardar):

$$p_{E'E''} = p_{tv_j j''} \cdot p_{cv_j'' i''} \text{ , se } e_{l''} = e_{l'} \\ 0, \text{ em caso contrário;}$$

para $k = B$ (comprar n lotes):

$$p_{E'E''} = p_{tv_j j''} \cdot p_{cv_j'' i''} \text{ , se } e_{l''} = e_{l'} + n \cdot (\text{lote}), \text{ com } 1 \leq n \leq 6 \\ 0, \text{ em caso contrário;}$$

para $k = C$ (vender n lotes):

$$p_{E'E''} = p_{tv_j j''} \cdot p_{cv_j'' i''} \text{ , se } e_{l''} = e_{l'} - n \cdot (\text{lote}), \text{ com } 1 \leq n \leq 6$$

$$0, \text{ em caso contrário.} \quad (6.7)$$

A cada iteração ocorrida, quando da aplicação do método de Howard, é construída uma matriz de probabilidades \mathbf{P} com os elementos $p_{E'E''}$ acima definidos. Esta matriz é o “cerne” do processo de otimização e será redefinida no capítulo 7. Alguns exemplos a seguir ilustram o cálculo de $p_{E'E''}$.

6.2.6.1- Exemplos

Suponha-se que o processo esteja num dado estado E' na semana s ; uma alternativa k é escolhida e o sistema evoluirá para um estado E'' na semana $s+1$. Quer-se saber “a probabilidade disso ocorrer”. Considere-se então os estados E' em s e E'' em $s+1$:

1) - $E' = (c_2, v_5, e_3) = (156,82, 208,36, 10.000)$

decisão: $k = 5 \rightarrow$ “comprar 4 lotes”

a) - para o estado E'' em $s+1$: $E'' = (c_3, v_4, e_7) = (169,76, 194,95, 30.000)$

como $e_7 = e_3 + 4(1 \text{ lote}) = 10.000 \text{ t} + 4(5.000 \text{ t}) = 30.000 \text{ t}$

tem-se: $p_{E'E''} = p_{tv_{54}} \cdot p_{cv_{43}} = (0,24)(0,21) = 0,0504$

b) - para o estado E'' em $s+1$: $E'' = (c_3, v_4, e_6) = (169,76, 194,95, 25.000)$

neste caso, $e_6 = 25.000 \text{ t} \neq e_3 + 4(1 \text{ lote}) = 30.000 \text{ t}$

logo, $p_{E'E''} = 0$

Observação:

O retorno para o estado E' proveniente da decisão de “comprar 4 lotes” vale:

$$r = -4(5.000 \text{ t})(\text{US\$ } 156,82/\text{t}) = -\text{US\$ } 3.136.400,00 \text{ (desembolso, no caso)}$$

2) – Considere agora o estado E' em s : $E' = (c_4, v_6, e_5) = (182,70, 221,77, 20.000)$

decisão: $k = 9 \rightarrow$ “vender 2 lotes”

a) - para o estado E'' em $s+1$: $E'' = (c_4, v_5, e_3) = (182,70, 208,36, 10.000)$

como $e_3 = e_5 - 2(1 \text{ lote}) = 20.000 \text{ t} - 2(5.000 \text{ t}) = 10.000 \text{ t}$

tem-se: $p_{E'E''} = p_{tv_{65}} \cdot p_{cv_{54}} = (0,20)(0,41) = 0,082$

b) - suponha o estado E'' em $s+1$: $E'' = (c_4, v_3, e_3) = (182,70, 181,54, 10.000)$

como $e_3 = e_5 - 2(1 \text{ lote}) = 20.000 \text{ t} - 2(5.000 \text{ t}) = 10.000 \text{ t}$

tem-se: $p_{E'E''} = p_{tv_{63}} \cdot p_{cv_{34}} = (0)(0,28) = 0$

Observação:

O retorno para o estado E' proveniente da decisão de “vender 2 lotes” vale:

$$r = 2(5.000 \text{ t})(\text{US\$ } 221,77/\text{t}) = \text{US\$ } 2.217.700,00$$

6.3 - Resultados

A partir das estruturas definidas anteriormente, o método de Iteração de Políticas foi implementado computacionalmente. Neste exercício de aplicação, a política ótima e o ganho esperado semanal foram obtidos em 6 iterações. O quadro 6.4 traz as decisões ótimas a serem seguidas apenas para alguns estados. O autor considerou dispensável a apresentação do quadro completo das decisões otimizadas, por tratar-se de uma solução que não corresponde ao problema real. O mesmo será objeto dos capítulos 7 e 8.

Quadro 6.4 - Algumas Decisões Relativas à Política Ótima

estado	c (US\$/t)	v (US\$/t)	e (t)	decisão
3	143,88	154,72	10.000	compra 4 lotes
28	143,88	194,95	30.000	vende 6 lotes
56	156,82	154,72	30.000	vende 6 lotes
75	156,82	194,95	20.000	compra 2 lotes
95	156,82	235,18	15.000	compra 3 lotes
106	169,76	168,13	0	aguarda
156	182,70	158,13	5.000	vende 1 lote
183	182,70	221,77	0	compra 6 lotes
227	195,64	208,36	10.000	compra 4 lotes
228	195,64	208,36	15.000	vende 3 lotes
293	208,58	235,18	25.000	vende 5 lotes
309	221,52	181,54	0	aguarda
338	221,52	235,18	5.000	compra 5 lotes
343	221,52	235,18	15.000	vende 3 lotes

O valor obtido para o ganho líquido semanal esperado a partir das decisões otimizadas foi: $g = \text{US\$ } 129.120,67$.

Os dois próximos capítulos tratam da definição e solução do problema real em análise neste trabalho.

PROPOSTA INICIAL PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA

A QUESTÃO DA SAZONALIDADE NA COMERCIALIZAÇÃO

7.1- Introdução

O capítulo anterior tratou da construção das estruturas básicas necessárias à aplicação do método de otimização proposto. O método de Iteração de Políticas, dirigido a PDM's de longa duração, foi aplicado utilizando toda a estruturação construída. Uma política ótima foi obtida no sentido de proporcionar à empresa o maior ganho semanal esperado. Tratou-se, como já foi salientado anteriormente, de um exercício de aplicação do modelo proposto por R.Howard.

Deve-se ressaltar que o termo longo prazo é relativo: deve ser encarado como o tempo necessário suficiente para a geração do ganho esperado g , obtido quando o processo entra na sua fase de regime estacionário. Considerou-se no exercício que no prazo de 52 semanas isso ocorreria, na hipótese do processo comercial perdurar durante todo este período, o que não acontece na prática.

- O Fator de Sazonalidade

Até agora, deixou de ser considerado no modelo uma ocorrência importante: a sazonalidade da produção e do processo de comercialização da soja com o mercado externo, que será aqui tratada. Para isto, buscou-se definir um fator de sazonalidade, aqui denotado por α , que quantificasse o “peso sazonal” no processo comercial e ponderasse as matrizes de transições de estados definidas nas suas fases comerciais.

Duas abordagens foram realizadas na tentativa de quantificar α . A primeira, que será analisada neste capítulo, explora o uso do índice de contração visto no capítulo 4. Mais adiante, irá se verificar que esta abordagem resultou não aplicável no caso do problema tratado neste trabalho. Entretanto, a idéia da sua utilização e a possibilidade da sua aplicação em outros processos semelhantes, levou o autor a considerá-la como uma contribuição para a análise desses processos, incluindo-a no trabalho. O capítulo 8 tratará o fator α de forma definitiva.

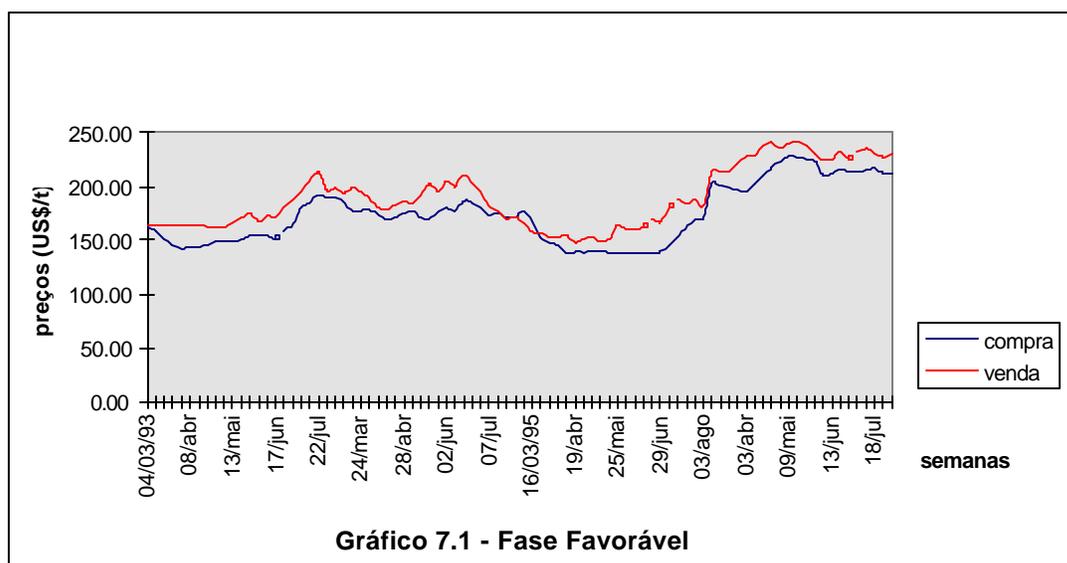
7.3 - As Fases de Comercialização

A sazonalidade da produção agrícola exerce influência direta na sua comercialização, sobretudo nos preços dos produtos que, por sua vez, variam em função da quantidade ofertada. Para a soja, não poderia ser diferente. Os preços de compra e venda, definidos anteriormente, geralmente comportam-se diferentemente em duas épocas do ano. Uma melhor observação no gráfico 3.2 mostra um padrão de comportamento que

geralmente se repete ano a ano, permitindo a confirmação da existência de duas fases relacionadas ao comércio externo. São elas descritas a seguir:

7.3.1 - Fase Favorável ao Comércio Externo

Esta fase geralmente se inicia em março com a colheita, indo até o final de julho. Observa-se aí uma estreita correlação entre os preços v e c ($r^{(2)} = 0,97$ no período analisado), com v geralmente superior a c , o que permite prognósticos de bons lucros no mercado externo. Esse padrão de comportamento dos preços pode ser observado no gráfico 7.1, nos períodos de março a julho e durante os quatro anos considerados.

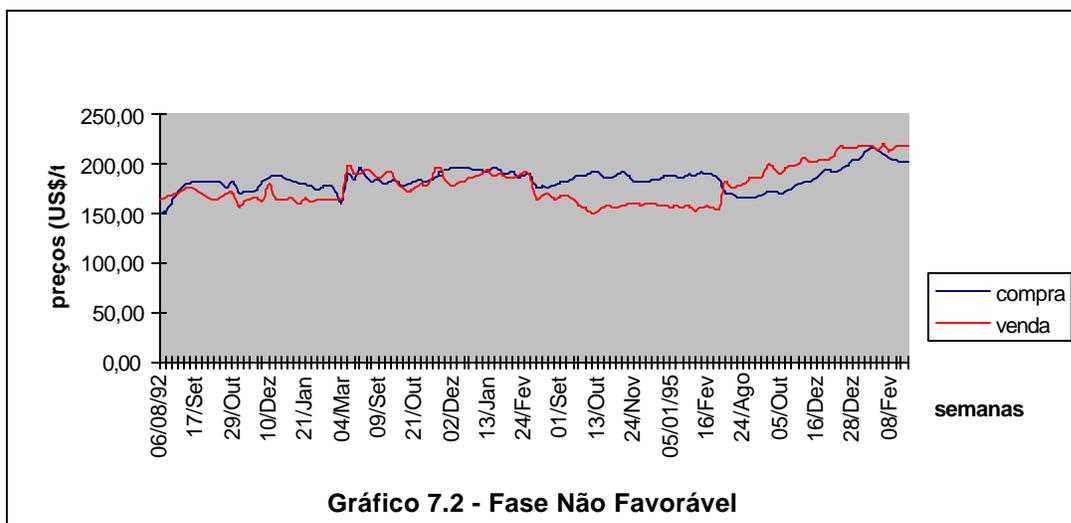


Fonte: Safras&Mercado/Emater-RS

7.3.2 - Fase Não Favorável ao Comércio Externo

De agosto em diante, a correlação entre c e v torna-se mais fraca ($r = 0,68$) com c superior a v na maior parte das vezes. O gráfico 7.2 mostra isso para os períodos de agosto a fevereiro nos quatro anos observados.

⁽¹⁾ r: coeficiente de correlação



Fonte: Safras&Mercado/Emater-RS

7.3.3 - Análise das Duas Fases Comerciais

Esses dois padrões distintos de comportamento para os preços são explicáveis. A fase favorável ao comércio externo é o período da safra brasileira que, por sua vez, coincide com a entressafra americana. É natural admitir, portanto, que nesse período os preços externos se elevem justamente pela ausência no mercado do maior ofertante mundial. A nível interno, passa a ocorrer uma oferta maciça do produto. Isso faz com que a procura por soja pelas indústrias de processamento, aqui dentro, não seja tão fortemente sentida, até porque elas sabem que os contratos de empréstimos bancários vencem em junho/julho, praticamente obrigando os pequenos e médios produtores a se desfazerem da produção ainda no primeiro semestre. Isso resulta em preços menores para o produtor e mais dependentes de Chicago do que das pressões internas por parte das indústrias.

De agosto em diante, entra-se na fase desfavorável ao comércio externo, com a maior parte da produção já transacionada. Com exceção daqueles produtores mais capitalizados que puderam manter suas produções até a entressafra, praticamente resta pouca soja a ser comercializada nos armazéns das cooperativas. Com a escassez do produto aqui dentro e com a produção já nas mãos das indústrias, os preços pagos ao produtor tendem a crescer. Nessa época, a safra norte-americana tende a se definir e com a sua colheita, a partir de setembro, um grande volume de grãos passa a ser ofertado, causando um natural declínio nas cotações internacionais.

Esses fatores conjugados fazem com que os preços pagos ao produtor geralmente superem as cotações externas e percam, em parte, a relação que tinham com estas na fase favorável ao comércio externo.

7.4 - As Matrizes Relacionadas às Duas Fases

Conforme examinou-se no item anterior, as fases do processo comercial originam dois conjuntos de séries históricas para os preços de compra e venda. As séries relativas à fase favorável contém os preços observados durante os quatro anos, praticados nos meses de março a julho; as séries relativas à fase não favorável incluem os preços nos períodos de agosto a fevereiro. Essas séries encontram-se no Anexo A.

O comportamento distinto dos preços nas duas fases motivaram nova definição de matrizes de probabilidades de transição e de probabilidades condicionadas. Essas matrizes têm o mesmo significado daquelas definidas no item 6.2.5 do capítulo anterior, porém, elas são aqui redefinidas nas suas respectivas fases.

7.4.1 - Matrizes Relativas à Fase Favorável

A) - Matriz de Probabilidades de Transição de Preços de Venda – VF

O elemento genérico da matriz **VF**, vf_{ij} , tem o seguinte significado: considerando todas as semanas de tipos s e $s+1$, constantes da série histórica de preços de venda, relativa à fase favorável, vf_{ij} é a *probabilidade de ocorrer preço de venda j em $s+1$, dado que ocorreu preço de venda i em s* . Obteve-se com a série apresentada no Anexo A:

$$\mathbf{VF} = \begin{bmatrix} 0,83 & 0,17 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,05 & 0,81 & 0,14 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,14 & 0,72 & 0,14 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,20 & 0,40 & 0,40 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,44 & 0,44 & 0,12 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,20 & 0,80 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,23 & 0,77 \end{bmatrix} \quad (7.1)$$

B) - Matriz de Probabilidades Condicionadas de Preços de Compra, Dados Preços de Venda - CF

O elemento genérico da matriz \mathbf{CF} , cf_{ij} , tem o seguinte significado: considerando todas as semanas do tipo $s+1$, constantes das séries históricas de preços de compra e venda, relativas à fase favorável, cf_{ij} é a probabilidade de ocorrer preço de compra j em $s+1$, dado que ocorreu preço de venda i em $s+1$. Com as séries do Anexo A, obteve-se:

$$\mathbf{CF} = \begin{bmatrix} 0,91 & 0,09 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,62 & 0,24 & 0,10 & 0,04 & 0 & 0 & 0 \\ 0,07 & 0,27 & 0,60 & 0,06 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,10 & 0,70 & 0,20 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,13 & 0,50 & 0,37 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,20 & 0,80 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,07 & 0,29 & 0,64 \end{bmatrix} \quad (7.2)$$

O método de Howard, quando aplicado à fase favorável, constrói políticas baseadas em matrizes de probabilidades de transição de estados que vão sendo geradas durante o ciclo iterativo assim como em 6.2.6. Todas essas matrizes são de ordem 343 x 343. Serão denotadas aqui por \mathbf{P}_F com elemento genérico pf definido abaixo:

Considerando a dependência existente entre as transições dos preços de compra em relação aos de venda, define-se a probabilidade de transição do estado E' para o estado E'' , segundo a decisão k , da semana s para a semana $s+1$ ($pf_{E'E''}$) do

modo seguinte:

$$s \text{ -----} > s+1 \\ E' = (c_{i'}, v_{j'}, e_{l'}) \text{ -----} > E'' = (c_{i''}, v_{j''}, e_{l''})$$

para $k = A$ (aguardar):

$$pf_{E'E''} = vf_{j'j''} \cdot cf_{j''i''}, \quad \text{se } e_{l''} = e_{l'}; \quad 0, \text{ em caso contrário;}$$

para $k = B$ (comprar n lotes):

$$pf_{E'E''} = vf_{j'j''} \cdot cf_{j''i''}, \quad \text{se } e_{l''} = e_{l'} + n \cdot (\text{lote}), \text{ com } 1 \leq n \leq 6 \\ 0, \text{ em caso contrário;}$$

para $k = C$ (vender n lotes):

$$pf_{E'E''} = vf_{j'j''} \cdot cf_{j''i''}, \quad \text{se } e_{l''} = e_{l'} - n \cdot (\text{lote}), \text{ com } 1 \leq n \leq 6 \\ 0, \text{ em caso contrário.} \quad (7.3)$$

7.4.2 - Matrizes Relativas à Fase Não Favorável

A) - Matriz des Probabilidades de Transição de Preços de Venda - VNF

O elemento genérico da matriz **VNF**, vnf_{ij} , tem o seguinte significado: considerando todas as semanas de tipos s e $s+1$, constantes da série histórica de preços de venda, relativa à fase não favorável, vnf_{ij} é a probabilidade de ocorrer preço de venda j em $s+1$, dado que ocorreu preço venda i em s . Com a série apresentada no Anexo A, obteve-se:

$$\mathbf{VNF} = \begin{bmatrix} 0,92 & 0,08 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,09 & 0,82 & 0,09 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,12 & 0,64 & 0,24 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,32 & 0,63 & 0,05 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,62 & 0,38 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,30 & 0,70 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,00 & 0 \end{bmatrix} \quad (7.4)$$

B) Matriz de Probabilidades Condicionadas de Preços de Compra, Dados Preços de Venda – CNF

O elemento genérico da matriz **CNF**, cnf_{ij} , tem o seguinte significado: considerando todas as semanas do tipo $s+1$, constantes das séries históricas de preços de compra e venda, relativas à fase não favorável, cnf_{ij} é a probabilidade de ocorrer preço de compra j em $s+1$, dado que ocorreu preço de venda i em $s+1$. Obteve-se com as séries do Anexo A:

$$\mathbf{CNF} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0,08 & 0,70 & 0,22 & 0 & 0 \\ 0 & 0,09 & 0,18 & 0,69 & 0,04 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,24 & 0,40 & 0,36 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,28 & 0,50 & 0,22 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,33 & 0,34 & 0,33 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,20 & 0,70 & 0,10 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,00 & 0 \end{bmatrix} \quad (7.5)$$

7.5 – Redefinição das Matrizes da Fase Não Favorável

Não obstante as matrizes **VNF** e **CNF** tenham sido obtidas a partir das observações semanais de preços no período desfavorável ao comércio externo, elas devem ser redefinidas. A razão disso é o fato do agente decisor praticamente ver-se forçado a abandonar o comércio com o mercado externo nesse período. A redefinição dessas matrizes deve ser num sentido tal que iniba o decisor em manter ou comprar soja nesse período, visando o comércio externo. Portanto, são matrizes que possibilitam uma espécie de “saída do mercado”. A matriz **VNF** poderá ser assim definida:

e para a matriz **CNF** tem-se:

$$\begin{matrix} \mathbf{CNF} = & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & (7.7) \\ \mathbf{VNF} = & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & (7.6) \end{matrix}$$

Essas duas matrizes sugerem “vender” na ocorrência de estoques positivos e “não comprar” na ausência destes. Elas associam probabilidades altas para decréscimos nos preços de venda de uma semana para a seguinte (vnf_{ij}) e probabilidades também altas para preços de compra maiores que os de venda (cnf_{ij}) nas semanas desta fase.

Essas matrizes redefinidas passarão a ser utilizadas como as representantes das probabilidades dos comportamentos dos preços durante a fase não favorável. De forma análoga à construção das probabilidades de transição de estados $pf_{E'E}$, da matriz \mathbf{P}_F em (7.3), são determinadas as probabilidades $pnf_{E'E}$ da matriz \mathbf{P}_{NF} para a fase não favorável, razão pela qual será omitida a sua apresentação.

7.6 - Matriz “Combinada” de Probabilidades de Transição

7.6.1 - Análise do Fator α Pelo Índice de Contração

A existência das duas fases na comercialização sugere uma possível combinação das matrizes relativas a cada uma das fases no processo de otimização. Isso pode ser entendido através da análise do índice de contração ic definido em 4.11. As relações vistas em (4.30) e (4.34) mostram que nos processos markovianos, onde \mathbf{P} é a matriz de transição de estados, tem-se:

$$ic = \left| |\mathbf{P}| \right| < 1 \quad (7.8)$$

lembrando que ic é a taxa de aproximação do processo de sua fase estacionária e a expressão envolvendo as “barras verticais” trata-se do módulo do determinante da matriz \mathbf{P} .

Pode-se definir um certo limite ϵ , considerado como razoável, para se considerar o processo como já tendo atingido a sua fase estacionária. Considerando então esse limite ϵ , tem-se:

$$(ic)^n = \left(\left| |\mathbf{P}| \right| \right)^n \leq \epsilon \quad (7.9)$$

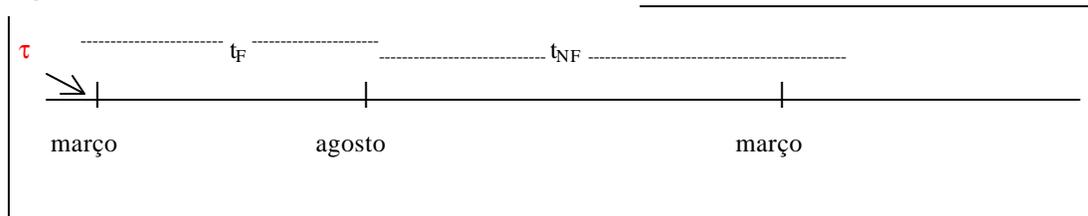
o que leva à relação:

$$n \geq \ln(\epsilon) / \ln\left(\left| |\mathbf{P}| \right| \right) \quad (7.10)$$

sendo n o menor inteiro que satisfaz a relação acima. O valor obtido para n corresponde ao tempo necessário para o processo alcançar a sua fase estacionária, considerando a precisão exigida ϵ , segundo uma dada política. Ressalta-se que uma vez o processo estabilizado, o ganho esperado por transição de estados g é obtido.

Suponha-se que se esteja no tempo τ , correspondendo à primeira semana de março, com t_F semanas à frente na fase favorável e com t_{NF} semanas à frente na fase não favorável conforme mostra a figura abaixo:

Fig.7.1 - Início do Processo Comercial



Tem-se a matriz de transição de estados \mathbf{P}_F , obtida no final do ciclo iterativo do referido método, portanto, associada à política ótima resultante. De forma análoga à (7.9), tem-se que:

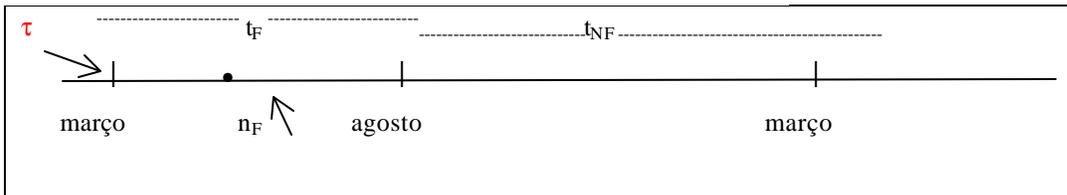
$$(ic)^{n_F} = \left(\left| |\mathbf{P}_F| \right| \right)^{n_F} \leq \epsilon \quad (7.11)$$

ou seja:
$$n_F \geq \ln(\epsilon) / \ln\left(\left| |\mathbf{P}_F| \right| \right) \quad (7.12)$$

Três situações poderão ocorrer:

A) $n_F \leq t_F$, conforme a figura 7.2:

Fig.7.2 - Estacionariedade Durante a Fase Favorável

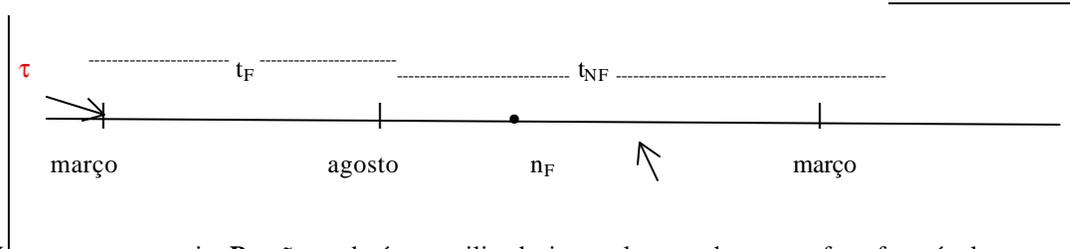


Neste caso, o sistema entrará na sua fase estacionária durante a fase favorável, sendo o ganho esperado g obtido nesta fase. Isso leva a se considerar $\mathbf{P} = \mathbf{P}_F$ como a matriz de transição de estados a ser utilizada na otimização do processo durante a fase favorável e $\mathbf{P} = \mathbf{P}_{NF}$, durante a fase não favorável.

B) $n_F > t_F$ e $n_F < t_F + t_{NF}$

Aqui o regime estacionário se dará na fase não favorável conforme a figura 7.3:

Fig.7.3 - Estacionariedade Durante a Fase Não Favorável



Neste caso, a matriz \mathbf{P}_F não poderá ser utilizada integralmente durante a fase favorável no processo de otimização, pois suas probabilidades são de alguma forma perturbadas ou influenciadas pela fase não favorável num determinado grau. Propõe-se que a matriz de transição de estados \mathbf{P} seja definida por uma ponderação de probabilidades ou, mais formalmente, por uma combinação linear de probabilidades envolvendo as duas fases. Define-se o fator de sazonalidade α do modo seguinte:

$$\alpha = t_F / n_F, \text{ com } \alpha \in (0;1] \quad (7.13)$$

e passa-se a considerar a seguinte matriz $\mathbf{P} = [p_{E'E''}]$, utilizada no processo de otimização:

$$\mathbf{P} = \alpha \mathbf{P}_F + (1 - \alpha) \mathbf{P}_{NF} \quad (7.14)$$

onde, considerando os estágios s , $s+1$ e as decisões k , tem-se:

$$s \text{ -----> } s+1$$

$$E' = (c_i, v_j, e_{l'}) \text{ -----> } E'' = (c_i'', v_j'', e_{l''})$$

para $k = A$ (aguardar)

$$p_{E'E''} = \alpha p_{f_{E'E''}} + (1-\alpha) p_{n_{f_{E'E''}}}, \text{ se } e_{l''} = e_{l'} \\ 0, \text{ caso contrário;}$$

para $k = B$ (comprar n lotes)

$$p_{E'E''} = \alpha p_{f_{E'E''}} + (1-\alpha) p_{n_{f_{E'E''}}}, \text{ se } e_{l''} = e_{l'} + n \cdot (\text{lote}), \text{ com } 1 \leq n \leq 6 \\ 0, \text{ caso contrário;}$$

para $k = C$ (vender n lotes)

$$p_{E'E''} = \alpha p_{f_{E'E''}} + (1-\alpha) p_{n_{f_{E'E''}}}, \text{ se } e_{l''} = e_{l'} - n \cdot (\text{lote}), \text{ com } 1 \leq n \leq 6 \\ 0, \text{ caso contrário.}$$

$$\text{com } p_{f_{E'E''}} = v_{f_{j'j''}} \cdot c_{f_{j''i''}} \text{ e } p_{n_{f_{E'E''}}} = v_{n_{f_{j'j''}}} \cdot c_{n_{f_{j''i''}}} \quad (7.15)$$

A partir de agosto, considera-se $\mathbf{P} = \mathbf{P}_{NF}$.

$$C) \ n_F > t_F + t_{NF}$$

Nesse caso, considerando o fechamento anual do processo, faz-se $\alpha = t_F / (t_F + t_{NF})$ na expressão da matriz \mathbf{P} em (7.14).

7.6.2 - Inaplicabilidade do Índice de Contração ao Problema

Considere-se novamente a relação (7.12):

$$n_F \geq \ln(\epsilon) / \ln \left| |\mathbf{P}_F| \right|$$

que é válida para o determinante $|\mathbf{P}_F| \neq 0$.

A matriz de transição de estados \mathbf{P}_F , de ordem 343, obtida no final do ciclo iterativo do método de Howard, portanto vinculada às decisões otimizadas, foi analisada. Trata-se de uma matriz esparsa com 341 colunas nulas. Logo, o determinante: $|\mathbf{P}_F| = 0$ e assim, $\ln \left| |\mathbf{P}_F| \right|$ não é definido, o que torna o uso da (7.12) inadequado à princípio.

Pode-se contornar essa dificuldade através de um artifício, considerando-se um caso análogo, em tamanho reduzido, para melhor compreensão: Suponha-se o processo constituído dos estados E_1, E_2, E_3, E_4 e E_5 com a seguinte matriz \mathbf{P} :

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 0,65 & 0,00 & 0,35 & 0,00 & 0,00 \\ 0,20 & 0,00 & 0,50 & 0,20 & 0,10 \\ 0,40 & 0,00 & 0,60 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 0,25 & 0,75 & 0,00 \end{bmatrix} \begin{matrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \\ E_4 \end{matrix}$$

A coluna relativa ao estado E_2 sendo nula, significa que existe apenas uma possibilidade do processo vir a ocupar o estado E_2 : se o processo tiver o seu início neste estado. Isso leva a se considerar uma matriz \mathbf{M} , obtida da matriz \mathbf{P} pela supressão da coluna nula e da respectivas linha, ou seja, uma vez ocorrida a primeira transição, o processo pode ser pensado como que “regido” pela matriz \mathbf{M} . Assim, tem-se:

Seja o limite $\epsilon = 0,005$ e n_M o número de transições para a estacionariedade do processo via matriz \mathbf{M} .

$$\mathbf{M} = \begin{matrix} & \begin{matrix} E1 & E3 & E4 & E5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} E1 \\ E3 \\ E4 \\ E5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,65 & 0,35 & 0,00 & 0,00 \\ 0,40 & 0,60 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 0,25 & 0,75 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 0,25 & 0,75 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Para o módulo do determinante tem-se: $|\mathbf{M}| = 0,1406$.

Levando esses valores na (7.12) tem-se:

$$n_M \geq \ln(0,005) / \ln(0,1406) \quad (7.16)$$

obtendo-se $n_M \geq 3$.

Para a estacionariedade do processo, cuja matriz de transições é a matriz original \mathbf{P} , considere-se o seguinte:

- N_Z : o número de colunas nulas em \mathbf{P} ;
- N : o número total de colunas em \mathbf{P} .

Assim, o número de transições necessárias para que seja alcançada a estacionariedade do processo, via matriz \mathbf{P} e dentro do limite considerado, será:

$$n_P \geq (1 + n_M) N_Z / N + n_M (1 - N_Z / N) \quad (7.17)$$

onde as parcelas respectivas que compõe esta expressão correspondem aos números de transições esperadas, quando o processo inicia no estado E_2 ou num dos estados E_1, E_3, E_4 ou E_5 . Os valores substituídos na (7.17) resultaram em $n_P \geq 4$.

O artifício de supressão de colunas foi aplicado à matriz \mathbf{P}_F utilizando-se uma rotina computacional desenvolvida para tal fim e obteve-se uma matriz menor, \mathbf{M} , de ordem 42. Com esta matriz, verificou-se

a ergodicidade do processo comentada no item 4.9.1. As potências \mathbf{M}^n , com $n \rightarrow \infty$, convergiram muito lentamente para uma matriz limite \mathbf{F} de linha iguais.

Porém, o fato fundamental e que resultou na não adequação da metodologia exposta para a determinação do fator de sazonalidade α , foi a também nulidade do determinante da matriz \mathbf{M} ($|\mathbf{M}| = 0$), o que levou à não aplicabilidade da relação (7.16) e, por conseqüência, da (7.17). Isso, evidentemente, levou o autor a buscar um outro caminho para a definição do fator α .

O próximo capítulo apresenta uma outra proposta para a definição do fator de sazonalidade, a sua adequação ao caso e a conseqüente solução do problema proposto neste trabalho.

FORA DO TRABALHO

OUTRA POSSIBILIDADE DE ABORDAGEM DO PROCESSO

Não obstante essas duas fases tenham sido demarcadas no tempo, na realidade elas não ocorrem de forma dissociada. Nesse caso, as matrizes definidas para a fase favorável são de alguma forma perturbadas, ou influenciadas pela fase não favorável num determinado grau. Desta forma, pode-se admitir uma redefinição para as probabilidades de transição de estado vistas no item 6.2.6 do capítulo anterior. Estas, não seriam mais constantes, mas passariam a variar no tempo. Propõe-se, neste caso, que essas probabilidades sejam calculadas por uma ponderação ou um balanço de probabilidades, mais formalmente, por uma combinação linear de probabilidades, envolvendo as duas fases. Neste caso, tem-se:

Considerando a dependência existente entre as transições dos preços de compra em relação às de venda, define-se a *probabilidade de transição do estado E' para o estado E'', segundo a decisão k, da semana s para a semana s+1*, ($\mathbf{p}_{E'E''}$), do modo seguinte:

s -----> $s+1$

$$E' = (c_i', v_j', e_k') \text{ ----- } > \text{ E''} = (c_i'', v_j'', e_k'')$$

para $k = A \rightarrow p_{E'E''} = \alpha p_{VF} + \beta p_{FNF}$, se $e_{k''} = e_{k'}$; 0, c.c.

para $k = B \rightarrow p_{E'E''} = \alpha p_{VF} + \beta p_{FNF}$, se $e_{k''} = e_{k'} + n.(lote)$; 0, c.c.

para $k = C \rightarrow p_{E'E''} = \alpha p_{VF} + \beta p_{FNF}$, se $e_{k''} = e_{k'} - n.(lote)$; 0, c.c.

onde: $\alpha \in [0;1]$, $\beta = 1 - \alpha$ e ainda

$$p_{VF} = \sum_{j,j''} v_{j,j''} \cdot c_{f_{j''i''}} \quad \text{e} \quad p_{FNF} = \sum_{j,j''} v_{f_{j,j''}} \cdot c_{nf_{j''i''}} \quad (7.5)$$

7.5 - Determinação de α - a interferência do decisor

A redefinição acima das probabilidades $p_{E'E''}$ envolve a presença de um elemento novo no contexto: α . O fator α indica o “peso”, ou a “importância”, ou o “percentual de fase favorável” em cada ponto do tempo em que uma decisão é tomada. Assim, $\beta = 1 - \alpha$, representa o mesmo para a fase não favorável.

A questão agora trata-se de como α é determinado. Esse é o outro ponto a ser proposto aqui. Ficaria a cargo do especialista na área, do decisor, que baseado em seu “feeling” ou “sentimento” do mercado decisão sobre os valores para α .

Duas variáveis, além dos preços, geralmente são observadas pelos especialistas no momento de decidir sobre a comercialização dos produtos agrícolas, particularmente a soja: são os níveis de oferta e de demanda mundiais de grãos. Assim, considere-se o índice i dado por:

$$i = d/o \quad (7.6)$$

onde d é a quantidade de soja demandada, representada pelo volume de exportações mundiais e, o , a quantidade ofertada, representada pelo que está sendo produzido, acrescido dos estoques mundiais. Em geral tem-se $0 < i < 1$ e, quanto maior i , mais favorável é o momento para a comercialização.

Os valores de d e o são continuamente publicados e acompanhados pelo setor. Assim, pode-se obter um conjunto de valores para i , observando-se d e o . Esse acompanhamento poderia ser semanal, (ou até mensal), por um período de uns dois anos, digamos. O objetivo disto é criar, a partir desse conjunto, um intervalo de valores para i do tipo

$$[i_{\text{MIN}} ; i_{\text{MAX}}]$$

com os valores mínimo e máximo assumidos por i ocupando os extremos do intervalo.

Nesse ponto, a presença do decisor se faz presente. A idéia é associar a valores de i do intervalo acima, valores para α . O decisor observa o mercado quanto aos valores de o e d , calcula i , e, com base no seu sentimento quanto à magnitude do valor encontrado para i , escolhe α do seguinte modo:

$$\alpha \geq 0,5, \text{ se o processo estiver na fase favorável;} \\ \text{e} \quad \alpha < 0,5, \text{ se o processo estiver na fase não favorável.} \quad (7.7)$$

Assim será definido o valor de α que aparece no cálculo das probabilidades $P_{E'E}$. Claro está que, definido α , de imediato obtém-se β . Note-se que, dessa forma, é imposta a condição de que a fase em que o processo se encontra tem uma “importância fixa” de 50%.

Exemplo:

Suponha-se que o processo decisório se encontre na 3ª semana de abril, ou seja, na fase definida como favorável à comercialização com o mercado externo. São conhecidos os valores i_{MIN} e i_{MAX} , portanto, está definido o intervalo $[i_{MIN}; i_{MAX}]$. O decisor observa os níveis de oferta e demanda atuais e calcula i . Digamos, que o valor encontrado, esteja mais próximo de i_{MAX} do que de i_{MIN} , como abaixo,

(figura)

e que, para o decisor, este valor lhe confira o “sentimento” da fase favorável se fazer presente, mas, não em toda sua plenitude. Pela sua experiência, acredita que $\alpha = 0,9$ é um valor adequado no momento. Logo,

$$\beta = 1 - \alpha = 1 - 0,9 = 0,1$$

e assim, nas equações (7.5), as probabilidades P_{VF} e P_{FNF} combinam-se para produzir as probabilidades de transição de estados, $P_{E'E}$, com pesos respectivos de 90% e 10%. O decisor, então, atribuirá a α e a β os valores acima nas equações (7.5), fundamentais no método iterativo, que produzirá a política a ser seguida, a partir da 3ª semana de abril, em diante.

Uma nova política será definida, quando o processo entrar na fase não favorável, ou, ainda estando fase favorável, o valor de i venha a sofrer alguma alteração que faça o decisor novamente intervir no processo.

7.6 - Otimalidade x realidade - Continuidade do trabalho

Um fato extremamente importante ocorre a partir dessa nova abordagem ao problema: a perda da otimalidade com relação às políticas produzidas. O cálculo das probabilidades de transição de estados, através da interferência do decisor, utilizando a sua experiência no mercado, é um procedimento heurístico, não havendo, assim, garantia alguma sobre a otimalidade das políticas advindas dessas interferências. Ao mesmo

tempo, pode-se observar que, embora na primeira abordagem, viesse a se conseguir o ótimo, as probabilidades p_{E^*} eram constantes no tempo, o que, na realidade, não ocorre pela constatação da existência das duas fases. Nesse caso, fazer uma ponderação de probabilidades, parece ser o mais plausível. Propõe-se, então, como continuidade deste trabalho:

- Obter os registros dos níveis de oferta e demanda da soja em grão a nível mundial e, assim, considerar o conjunto de valores para o índice i definido na (7,6);
- implementar o modelo segundo essa nova abordagem. Nesse caso será consultado um especialista na área de comercialização que, em pontos distintos no tempo e/ou diante de situações também distintas de oferta e demanda, decidirá sobre os valores a serem atribuídos ao parâmetro α . Para cada α , o programa computacional é rodado, uma nova política e um novo ganho esperado (g) são obtidos.

É importante observar na oportunidade que se apresenta ao especialista nesse processo. Num mesmo ponto no tempo, onde foi observada a necessidade de definição de um novo valor para α , o especialista poderá rodar o programa para vários valores de α . Será escolhida como, política a ser seguida, dali para frente, aquela que produzir o maior ganho. Com essas experimentações, o especialista irá, aos poucos, associando às diversas situações que forem surgindo, os valores de α que produziram os maiores ganhos.

8 SOLUÇÃO DO PROBLEMA - FATOR LINEAR DE SAZONALIDADE SIMULAÇÕES DO PROCESSO COMERCIAL - RESULTADOS

8.1 - Introdução

O capítulo anterior tratou da incorporação ao modelo de otimização de Howard de um fator que representasse a influência da sazonalidade no processo de comercialização da soja em grão com o mercado externo. Como se viu, a tentativa cogitada inicialmente para a definição desse fator, via índice de contração, resultou não aplicável para este caso específico.

Este capítulo tratará da solução do problema proposto, onde o fator de sazonalidade α será tratado de forma diversa da anterior, talvez menos “engenhosa”, mas, de uma certa forma, mais simples, natural e bastante eficaz na otimização do processo. Serão apresentados os resultados obtidos para o processo otimizado, sendo também realizadas simulações do processo comercial, visando discutir e comparar os resultados.

8.2 - O Fator Linear de Sazonalidade - A Equação de α

Conforme foi visto, existem duas matrizes destinadas a compor a matriz \mathbf{P} de transição de estados, gerada durante as iterações do método de otimização. São as matrizes relativas à fase favorável do processo comercial (\mathbf{P}_F) e à fase não favorável (\mathbf{P}_{NF}), cujos elementos pf e pnf são definidos como produtos dos elementos das matrizes definidas nos itens 7.4.1 e 7.5 respectivamente.

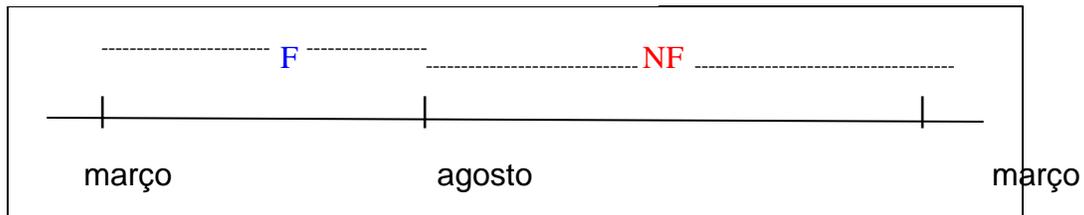
Também como antes, a matriz \mathbf{P} será definida como uma combinação linear das matrizes componentes:

$$\mathbf{P} = \alpha \mathbf{P}_F + (1 - \alpha) \mathbf{P}_{NF}, \quad \text{com } \alpha \in [0;1] \quad (8.1)$$

É natural admitir uma influência variável das matrizes \mathbf{P}_F e \mathbf{P}_{NF} na composição de \mathbf{P} , à medida que o tempo passa no decorrer do processo comercial. No início da fase favorável (março) a matriz \mathbf{P}_F terá um “peso maior” do que no final; o contrário se dá

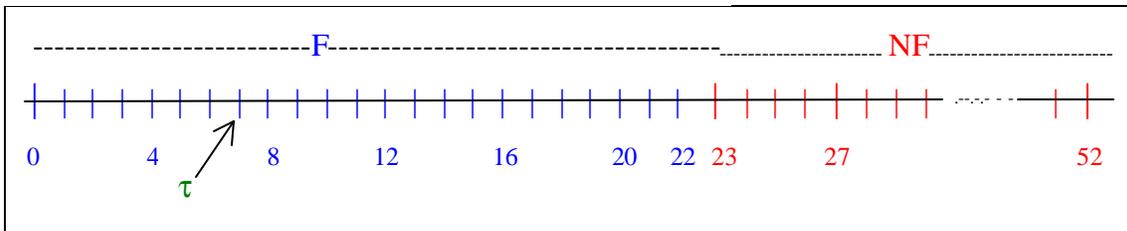
com a matriz \mathbf{P}_{NF} , que atua “mais fortemente” no final da referida fase (julho). Essa terminologia precisa ser quantificada. Considere-se então as duas fases representadas na figura abaixo:

Fig.8.1 - As Duas Fases de Comercialização



A fase favorável **F** é constituída por 23 semanas, iniciando na primeira semana de março, em $\tau = 0$, até a última semana de julho, cujo início é em $\tau = 22$. A fase não favorável **NF** tem o seu início na primeira semana de agosto, em $\tau = 23$, indo até o final de fevereiro em $\tau = 52$. Visualizando melhor na figura abaixo, tem-se:

Fig.8.2 - Os Pontos Semanais τ



Ir-se-á considerar que as decisões sejam tomadas no início de cada semana. Assim:

- em $\tau = 0$ é tomada a primeira decisão;
- em $\tau = 1$ é tomada a segunda decisão;
- em $\tau = 2$ é tomada a terceira decisão;

⋮

- em $\tau = 22$ é tomada a decisão correspondente à última semana da fase favorável e em $\tau \geq 23$ são tomadas as decisões relativas à fase não favorável.

Admitir-se-á neste processo que o fator de sazonalidade α dependa linearmente de τ . Assim, tendo em vista a equação (8.1), dois pares do tipo (τ, α) ficam definidos: os pares $(0,1)$ e $(23,0)$.

Com os pares acima obtém-se as equações de α :

$\alpha = 1 - (1/23) \tau , \quad \text{para } \tau = 0, 1, 2, \dots, 22$ $\alpha = 0 , \quad \text{para } \tau \geq 23$	(8.2)
--	-------

Neste ponto, é conveniente que se faça uma observação importante: o método de Howard gera uma política ótima que, ao ser seguida, produz o maior ganho esperado semanal num prazo suficientemente longo que permita a estacionariedade do processo. Considera-se para isso uma matriz de transição de estados \mathbf{P} invariável nesse prazo. Na medida em que agora está se considerando essa matriz variável, já que é dependente de α , deixa-se de lado a questão da estacionariedade e passa-se a lidar com um outro processo cujas políticas são distintas e que vão sendo geradas durante o período comercial. Dessa forma, passa-se a tratar com uma aproximação do processo otimizado.

8.3 - O Processo Otimizado

A otimização do processo comercial ou a sua aproximação, se dará com a utilização da matriz de transição de estados \mathbf{P} definida em (8.1) durante o ciclo iterativo do método proposto. Considerar-se-á no modelo que \mathbf{P} venha a variar no transcorrer do processo comercial não continuamente, mas em determinados pontos τ no tempo, mantendo-se constante nos intervalos semanais definidos entre esses pontos.

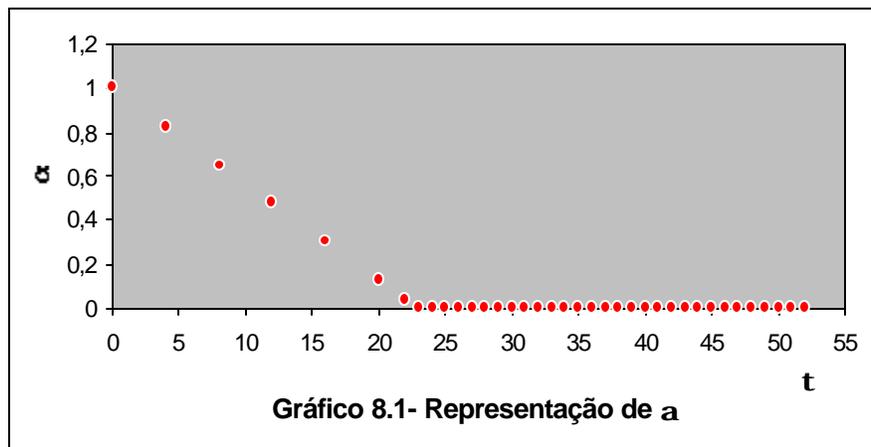
O quadro 8.1 abaixo apresenta os valores de τ escolhidos e, através das equações (8.2), são obtidos os valores de α e os correspondentes $(1-\alpha)$:

Quadro 8.1 - Valores de τ , α e $(1-\alpha)$

t	a	1-a
0	1	0
4	0,8260	0,1739
8	0,6521	0,3478
12	0,4782	0,5217

16	0,3043	0,6956
20	0,1304	0,8695
22	0,0435	0,9565
23,24,...,52	0	1

O gráfico 8.1 traz a representação geométrica de α .



Obtidos os valores dos pesos sazonais α e $(1 - \alpha)$, são construídas as matrizes \mathbf{P} , do tipo

$$\mathbf{P} = \alpha \mathbf{P}_F + (1 - \alpha) \mathbf{P}_{NF}$$

utilizadas no ciclo iterativo do método e vinculadas às políticas ótimas geradas. Assim, serão definidas 8 políticas ou conjuntos de decisões a serem seguidas durante o processo comercial e que formarão a estratégia ótima do decisor.

Descreve-se a seguir o processo otimizado:

1) - Para $\tau = 0$ - Início do processo - 1ª semana de março. Tem-se: $\mathbf{P} = \mathbf{P}_F$.

Considera-se que as decisões provindas do uso de \mathbf{P} sejam mantidas nas 4 primeiras semanas.

2) - Para $\tau = 4$ - Início da 5ª semana. Tem-se: $\mathbf{P} = 0,8260 \mathbf{P}_F + 0,1739 \mathbf{P}_{NF}$

A partir da 5ª semana, o método de Howard gera um novo conjunto de decisões para os estados, decisões essas que passarão a ser seguidas durante as próximas 4 semanas.

Para que não seja perdida a compreensão do leitor, convém lembrar do capítulo 7 como são construídas as probabilidades que compõe a matriz **P**. *Considerando os estágios s e $s+1$, com $s = 5,6,7,8$ e as decisões k que permitem a transição do estado E' para o estado E'' , tem-se:*

$$s \text{ -----} > s+1$$

$$E' = (c_i', v_j', e_l') \text{ -----} > E'' = (c_i'', v_j'', e_l'')$$

para $k = A$ (aguardar)

$$p_{E'E''} = 0,8260 p_{f_{E'E''}} + 0,1739 p_{nf_{E'E''}}, \text{ se } e_{l''} = e_{l'}$$

0, caso contrário;

para $k = B$ (comprar n lotes)

$$p_{E'E''} = 0,8260 p_{f_{E'E''}} + 0,1739 p_{nf_{E'E''}}, \text{ se } e_{l''} = e_{l'} + n \cdot (\text{lote}), \text{ com } 1 \leq n \leq 6$$

0, caso contrário;

para $k = C$ (vender n lotes)

$$p_{E'E''} = 0,8260 p_{f_{E'E''}} + 0,1739 p_{nf_{E'E''}}, \text{ se } e_{l''} = e_{l'} - n \cdot (\text{lote}), \text{ com } 1 \leq n \leq 6$$

0, caso contrário.

Tem-se que $p_{f_{E'E''}} = v_{f_j' j''} \cdot c_{f_j'' i''}$, $p_{nf_{E'E''}} = v_{nf_j' j''} \cdot c_{nf_j'' i''}$, com as probabilidades $v_{f_j' j''}$, $c_{f_j'' i''}$, $v_{nf_j' j''}$ e $c_{nf_j'' i''}$, definidas nas matrizes (7.1), (7.2), (7.6) e (7.7).

Da 9ª semana em diante, as probabilidades $p_{f_{E'E''}}$ passam a ser definidas pelas novas matrizes **P**, dadas a seguir:

3) - Para $\tau = 8$ - Início da 9ª semana. Tem-se: $\mathbf{P} = 0,6521 \mathbf{P}_F + 0,3478 \mathbf{P}_{NF}$.

4) - Para $\tau = 12$ - Início da 13ª semana. Tem-se: $\mathbf{P} = 0,4782 \mathbf{P}_F + 0,5217 \mathbf{P}_{NF}$.

5) - Para $\tau = 16$ - Início da 17^a semana. Tem-se: $\mathbf{P} = 0,3043 \mathbf{P}_F + 0,6956 \mathbf{P}_{NF}$.

6) - Para $\tau = 20$ - Início da 21^a semana. Tem-se: $\mathbf{P} = 0,1304 \mathbf{P}_F + 0,8695 \mathbf{P}_{NF}$.

Considera-se que as decisões aqui geradas sejam seguidas nas semanas 21 e 22.

7) - Para $\tau = 22$ - Início da 23^a semana (última semana de julho e final da fase favorável). Tem-se: $\mathbf{P} = 0,0435 \mathbf{P}_F + 0,9565 \mathbf{P}_{NF}$.

Aqui as decisões são seguidas apenas nesta semana.

8) - Para $\tau = 23$ - Início da 24^a semana (1^a semana de agosto e início da fase não favorável). Tem-se: $\mathbf{P} = \mathbf{P}_{NF}$.

As decisões aqui geradas são seguidas durante toda esta fase.

Portanto, o processo otimizado é resultante de decisões semanais, tomadas a partir do início da fase favorável, decisões essas que vão sendo modificadas de tempos em tempos, conforme o critério acima estabelecido.

Observação:

Algum outro critério para as trocas de decisões também poderia ter sido definido.

8.3.1- As Políticas Otimizadas Geradas Durante o Processo Comercial

Um resultado interessante e já esperado relaciona-se com as políticas obtidas nos pontos τ acima definidos. Do início da fase favorável ao seu final e início da fase desfavorável, observa-se uma tendência nas decisões objetivando uma “saída do mercado”, ou seja, um aumento gradativo no número de decisões do tipo “vender” com valores decrescentes para os ganhos esperados semanais. O quadro 8.2 registra este fato.

Quadro 8.2 - Os Tipos de Decisões nos Tempos τ e os Ganhos Esperados

t	“Aguarda”	“Compra”	“Venda”	g (US\$/sem)
0	28	133	182	283.243,36

4	22	125	196	197.975,01
8	21	126	196	150.078,72
12	21	121	201	111.745,11
16	22	118	203	74.424,37
20	24	106	213	34.231,85
22	25	100	218	11.898,67
23	25	96	222	121,67

O quadro 8.3, a seguir, é uma pequena amostra das decisões obtidas durante a geração do processo otimizado. São apresentados alguns estados, definidos por suas numerações (1, 11, 27, ...,336, 343) com os seus respectivos preços de compra, venda e níveis de estoques. Escolheu-se nesta amostra os resultados obtidos com o processo comercial encontrando-se na 1ª semana ($\tau = 0$), na 13ª semana ($\tau = 12$) e no final da fase favorável (23ª semana, para $\tau = 22$). No Anexo B, encontram-se os quadros completos das decisões relativas às políticas otimizadas, definidas nesses pontos no tempo, incluindo também as decisões obtidas para a fase não favorável ($\tau \geq 23$).

Observação:

Na notação a seguir, 1lot = 1 lote (1 lote = 5.000 t).

Quadro 8.3 - As Decisões Otimizadas Para Alguns Estados

Estados	c (US\$/t)	v (US\$/t)	e (t)	DECISÕES		
				$t = 0$	$t = 12$	$t = 22$
1	143,88	154,72	0	compra 6 lot	compra 6 lot	compra 6 lot
11	143,88	168,13	15.000	compra 3 lot	compra 3 lot	vende 3 lot
27	143,88	194,95	25.000	compra 1lot	vende 5 lot	vende 5 lot
91	156,82	221,77	30.000	aguarda	vende 6 lot	vende 6 lot
131	169,76	208,36	20.000	vende 4 lot	compra 2 lot	vende 4 lot
169	182,70	194,95	0	compra 6 lot	compra 6 lot	aguarda
182	182,70	208,36	30.000	vende 6 lot	vende 6 lot	vende 6 lot
243	195,64	235,18	20.000	compra 2 lot	compra 2 lot	vende 4 lot
244	195,64	235,18	25.000	vende 5 lot	vende 5 lot	vende 5 lot

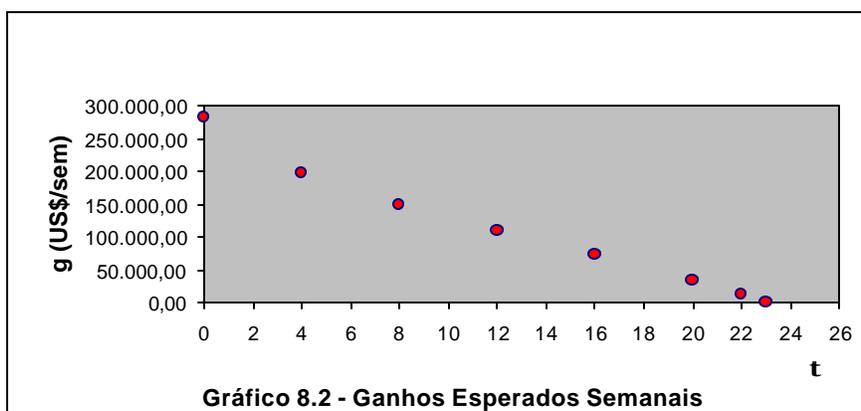
330	221,52	221,77	0	compra 6 lot	aguarda	aguarda
336	221,52	221,77	30.000	aguarda	vende 6 lot	vende 6 lot
343	221,52	235,18	30.000	vende 6 lot	vende 6 lot	vende 6 lot

Observação:

Verificando o quadro acima e os resultados completos do Anexo B, constata-se um fato interessante, no qual os resultados otimizados são sempre obtidos com decisões do tipo “aguardar”, “comprar o necessário para completar 30.000 t” ou “vender todo o estoque”, ou seja, as decisões são sempre no sentido de conduzir a empresa a manter o seu armazém sempre com estoque máximo ou vazio.

8.3.2 - O Ganho Esperado por Transição

O método de Howard produz políticas estacionárias que, aplicadas no longo prazo, conduzem ao maior ganho esperado, g , por transição. Nesta aplicação e da forma como a otimização foi efetivada, as políticas ótimas são geradas de tempos em tempos ($\tau = 0, 4, 8, 12, 16, 20, 22$ e 23) com as decisões



resultantes sendo trocadas nesses prazos. Supõem-se que em intervalos tão pequenos de tempo não se venha a obter os ganhos ótimos esperados, mas sim, aproximações para estes. O gráfico 8.2 apresenta os valores decrescentes de g em função dos momentos τ onde as diferentes políticas foram geradas.

8.4 - Simulações e Resultados

O processo comercial foi simulado considerando-se o período relativo à fase favorável, contando assim com 23 semanas e estendendo-se por mais 4 semanas (mês de agosto). Portanto, a simulação do processo deu-se considerando um período comercial de 27 semanas. Rotinas computacionais foram implementadas para realizar as simulações do

processo no sentido de se avaliar os resultados provindos das decisões semanais tomadas durante o período analisado.

O processo de simulação foi dirigido a três hipotéticas cooperativas A, B e C. Fez-se a suposição que a cooperativa A tomaria as suas decisões segundo aquelas indicadas pelo processo otimizado; já as cooperativas B e C seguiriam políticas próprias e distintas da ótima. Para todas as cooperativas, a grandeza que se objetivou avaliar nas simulações foi o lucro líquido esperado. Para as cooperativas A e B também foi avaliado o capital de giro esperado.

Nas simulações do processo comercial foram obtidas amostras, contendo cada uma delas, 3.000 replicações relativas a cada período comercial de 27 semanas e para todas as empresas. Considerou-se uma das amostras e registrou-se os valores financeiros obtidos numa replicação. Escolheu-se a replicação de número 1500 (como poderia ser qualquer outra). No Anexo C, encontram-se esses registros juntamente com os resultados esperados para a amostra considerada.

8.4.1- Simulação do Processo Otimizado - Cooperativa A

A cooperativa A assume como política de procedimento para as suas decisões aquela oriunda do processo otimizado. A cada replicação do processo simulativo, o ciclo comercial de 27 semanas é iniciado e as decisões semanais vão sendo tomadas em conformidade com a política vigente no momento, obedecendo ao critério de mudança nas decisões, definido para o processo otimizado no item 8.3. Considerou-se que a cooperativa inicia o processo comercial com seu caixa em “zero”, pois é de interesse avaliar o mínimo de recursos semanais necessários para o giro do seu estoque (capital de giro).

A cada semana é sorteado aleatoriamente um estado (c, v, e) . Para esse estado, é tomada a decisão a ele indicada pelo método de otimização, sendo registrado o montante em caixa na referida semana após a decisão tomada. No final das 27 semanas, é registrado esse montante, que constitui o lucro líquido da empresa, juntamente com o capital de giro necessário para o período. Após as 3.000 replicações, são obtidos os valores esperados do lucro líquido, do capital de giro e os respectivos desvios padrões. Uma das amostras obtidas na simulação do processo comercial apresentou os seguintes resultados:

- Lucro líquido esperado : US\$ 7.941.694,00 ----- Desvio Padrão: US\$ 4.762.648,63
- Capital de giro esperado: US\$ 4.333.267,40 ----- Desvio Padrão: US\$ 105.776,06

Observação:

Para a amostra referida acima, em apenas 1,5% do total de replicações, o lucro líquido esperado resultou num valor negativo, com o prejuízo máximo da cooperativa A atingindo o valor de US\$ 2.938.500,00.

O quadro 8.4 apresenta os resultados esperados relativos ao lucro líquido e ao capital de giro (em US\$), obtidos em mais 5 amostras das simulações do processo otimizado para a cooperativa A.

Quadro 8.4 - Resultados - Cooperativa A

Lucro Líquido	Desvio Padrão	Capital de Giro	Desvio Padrão
7.924.382,10	4.781.227,23	4.330.544,80	110.505,65
7.893.073,30	4.870.699,03	4.332.378,20	119.617,60
7.963.009,00	4.825.708,56	4.328.288,30	179.402,27
8.066.655,20	4.788.292,92	4.333.639,90	122.257,47
8.101.356,30	5.017.467,72	4.332.715,30	119.314,90

8.4.2 - Simulação do Processo Não Otimizado - Cooperativa B

Quanto à geração aleatória semanal dos estados, a simulação do processo comercial para a cooperativa B é idêntica à anterior. A cada replicação, o processo também é iniciado com o valor do caixa em “zero” e, no final das 27 semanas, são apurados o lucro líquido e o capital de giro para o período. Após as 3.000 replicações do processo, são determinados esses valores financeiros esperados.

A cooperativa B mantém uma postura de decisões distinta da cooperativa A. Primeiramente, com relação aos níveis de preços de compra e venda praticados no mercado (quadro 6.1), ela considera que os mesmos possam ser classificados por faixas, consideradas como de preços baixos, médios e altos. B define os seguintes patamares para essas faixas:

Com relação aos preços de compra:

- preço baixo: $c \leq \text{US\$ } 156,82$
- preço médio: $\text{US\$ } 169,76 \leq c \leq \text{US\$ } 195,64$
- preço alto: $c \geq \text{US\$ } 208,58$

Com relação aos preços de venda:

- preço baixo: $v \leq \text{US\$ } 168,13$
- preço médio: $\text{US\$ } 181,54 \leq v \leq \text{US\$ } 208,36$
- preço alto: $v \geq \text{US\$ } 221,77$

Frente à essa classificação atribuída aos preços, B define uma estratégia para as suas decisões, constituída por 4 políticas que serão seguidas em determinados períodos, durante as 27 semanas do ciclo comercial. Essas políticas são descritas a seguir:

Política I

Esta política é definida na fase inicial do processo comercial e se estende até à 10^a semana. Nesta fase, B assume uma postura mais conservadora quanto à venda de grãos, vendendo em menos ocasiões e em quantidades menores. As decisões neste período são do tipo:

Para c baixo e v alto:

Compra para completar o estoque máximo ou vende o máximo possível. Ou seja:

- se $e \leq 10.000$ t, compra o necessário para completar 30.000 t;
- se $e \geq 15.000$ t, vende tudo.

Para c alto e v baixo: Aguarda.

Para c baixo e v baixo:

Compra até 4 lotes ou vende 1 lote. Ou seja:

- se $e \leq 15.000$ t, compra até completar 20.000 t;
- se $e \geq 20.000$ t, vende 1 lote.

Para c alto e v alto:

Compra até 3 lotes ou vende até 4 lotes. Ou seja:

se $e \leq 15.000$ t, compra até completar 15.000 t;

se $e \geq 20.000$ t, vende o necessário para manter 10.000 t em estoque.

Para c médio e v médio:

Compra ou vende até 3 lotes. Ou seja:

se $e \leq 15.000$ t, compra até completar 15.000 t;

se $e \geq 20.000$ t, vende o necessário para manter 15.000 t em estoque.

Política II

É definida da 11^a à 20^a semana. Esta política é menos conservadora que anterior quanto à venda, vendendo em maiores quantidades e num maior número de ocasiões. As decisões são do tipo:

Para c baixo e v alto:

Neste caso, as decisões são análogas às da Política I.

Para c alto e v baixo:

Aguarda ou vende 1 lote. Ou seja:

se $e \leq 15.000$ t, aguarda;

se $e \geq 20.000$ t, vende 1 lote.

Para c baixo e v baixo:

Compra até 3 lotes ou vende até 4 lotes. Ou seja:

se $e \leq 10.000$ t, compra até completar 15.000 t;

se $e \geq 15.000$ t, vende o necessário para manter 10.000 t em estoque.

Para c alto e v alto:

Compra até 3 lotes ou vende até 5 lotes. Ou seja:

se $e \leq 15.000$ t, compra até completar 15.000 t;

se $e \geq 20.000$ t, vende o necessário para manter 5.000 t em estoque.

Para c médio e v médio:

Compra ou vende até 3 lotes. Ou seja:

se $e \leq 15.000$ t, compra até completar 15.000 t;

se $e \geq 20.000$ t, vende o necessário para manter 10.000 t em estoque.

Política III

É definida da 21^a à 25^a semana. A cooperativa B está entrando na fase não favorável, o que a leva a aguardar e a vender na maioria das vezes. As decisões são as seguintes:

Para c baixo e v de médio a alto: compra o necessário para completar 30.000 t;

Para c de médio a alto e v de médio a alto: vende tudo.

Política IV

As decisões relativas a essa política são tomadas nas duas últimas semanas do processo comercial (26^a e 27^a semanas). É uma política de “saída do mercado”, sendo as decisões de dois tipos:

Se não houver estoque: aguarda;

Se houver estoque: vende tudo.

Para todos os demais estados distintos dos definidos acima, a política de B é “aguardar”.

O quadro 8.5 apresenta os resultados esperados para o lucro líquido e o capital de giro (em US\$), obtidos em 5 amostras das simulações do processo não otimizado da cooperativa B.

Quadro 8.5 - Resultados - Cooperativa B

Lucro Líquido	Desvio Padrão	Capital de Giro	Desvio Padrão
2.149.725,05	2.464.954,08	3.457.210,02	412.528,32
2.092.062,80	2.368.039,81	3.462.053,30	413.798,71
2.177.685,72	2.447.066,16	3.455.148,22	420.715,63
2.130.638,07	2.380.232,42	3.464.686,63	417.598,80
2.194.049,28	2.640.133,05	3.461.153,12	418.392,47

8.4.3 - Simulação do Processo Não Otimizado - Cooperativa C

A estratégia seguida pela empresa C quanto à comercialização de sua soja é bastante distinta das anteriores. Antes de apresentá-la, porém, é preciso lembrar dois aspectos de procedimentos bastante utilizados por aqueles que atuam no mercado de capitais.

Um primeiro aspecto diz respeito ao princípio da diversificação, utilizado na construção de portfólios de investimentos (carteiras de ativos). No final da década de 1950, H. Markowitz desenvolveu de modo formal esse princípio, mostrando como uma seleção de ativos, pouco correlacionados, poderia vir a reduzir o risco da carteira para o investidor (Jones,1985).

Um segundo aspecto trata do que se chama de rebalanceamento de um portfólio. Suponha que um investidor resolva selecionar dois ativos A e B para compor a sua carteira, com os seus recursos mantidos sempre aplicados nas proporções de 50% no ativo A e 50% no ativo B (composição 50/50). Se esses ativos são não correlacionados, isto é, se “movem” em sentidos contrários, a carteira fatalmente passará a diferir do mix 50/50. Suponha que o ativo A, num dado momento, tenha um melhor desempenho que o ativo B. Para manter esta mesma composição, alguns ativos de A deverão ser vendidos e trocados por ativos de B. Isto é chamado “rebalanceamento do portfólio” (ou da carteira) e geralmente traz um ganho extra para o investidor. Maiores detalhes sobre este tipo de procedimento, como periodicidade, intervalo ótimo etc. podem ser encontrados em Bernstein (1996).

Conforme se viu nas simulações anteriores, os altos valores obtidos para os desvios padrões indicam a existência de um risco razoável na aplicação de recursos apenas em soja. Isso pode justificar o fato da cooperativa C eleger como plano de ação a aplicação dos seus recursos na seleção de um portfólio constituído de dois ativos: dinheiro e soja, em proporções bem definidas, juntamente com a idéia do rebalanceamento como parte integrante da sua política de gerenciamento comercial. Com esta estratégia, além de diminuir os riscos de altas perdas de recursos, C mantém um comportamento racional quanto às movimentações do mercado: mercado em alta (valores de v crescentes), vende soja; mercado em baixa (valores de v decrescentes), compra soja. Além disso, sempre haverá soja para vender ou dinheiro para comprar, devido a manutenção da proporção no *mix*. A

cooperativa C definiu a base de 30% *cash* e 70% em grãos de soja como proporção para os seus recursos semanalmente aplicados.

A seguir é apresentada a rotina relativa à simulação do processo, definindo-se antes algumas variáveis de interesse:

- CX_i : dinheiro em caixa na semana i , dado em US\$;
- EST_i : valor do estoque de soja na semana i , dado em US\$;
- CAP_i : capital na semana i , sendo a medida de interesse nesta simulação. Tem-se para cada i : $CAP_i = CX_i + EST_i$, dado em US\$;
- NT_i : estoque de soja na semana i , dado em t;
- c_i, v_i : preços de compra e venda da soja na semana i , dados em US\$/t.

A cada replicação do processo simulativo, a rotina abaixo é seguida:

1ª semana:

Considera-se que, no início do processo comercial, a cooperativa C disponha de capital suficiente para permitir a compra de 30.000 t de soja, com o preço c no seu nível mínimo, mantendo o restante dos recursos em caixa. Ou seja:

Para $i = 1$ tem-se:

$$EST_i = 0,7(CAP_i);$$

$$CX_i = CAP_i - EST_i;$$

$$NT_i = EST_i / c_i.$$

2ª semana até a última (27ª):

A cada semana i , é verificado o preço de venda v_i e o capital CAP_i é reavaliado. Desta reavaliação será decidido o que fazer. Considera-se que a cooperativa comprará ou venderá soja se o capital reavaliado sofrer uma variação igual ou superior a 3% do capital ocorrido na semana anterior. Se esta variação for positiva, o mercado é considerado em alta e a opção é pela venda de soja; se for negativa, o mercado está em baixa e decide-se pela compra. Em caso contrário, a cooperativa aguarda. As igualdades assinaladas abaixo, (*) e (**), registram os novos estoques de soja após uma venda ou uma compra respectivamente. Ou seja:

Para $i = 2, 3, \dots, 27$ e, considerando o valor de v_i , tem-se:

$$CAP_i = v_i (NT_{i-1}) + CX_{i-1};$$

$$EST_i = (0,7)CAP_i;$$

$$CX_i = CAP_i - EST_i;$$

Se $CAP_i \geq 1,03 (CAP_{i-1})$ então VENDE

$$e \quad NT_i = EST_i / v_i \quad (*)$$

senão

se $CAP_i \leq 0,97 (CAP_{i-1})$ então COMPRA

$$e \quad NT_i = [(CX_{i-1} - CX_i) / c_i] + NT_{i-1} \quad (**)$$

senão AGUARDA e $NT_i = NT_{i-1}$

Para $i = 27$ o valor de CAP_{27} é avaliado e, deste, é descontado o capital alocado para a primeira compra (CAP_1). Assim, obtém-se o lucro líquido para o período.

Os resultados obtidos para o lucro líquido esperado, em 5 amostras das simulações do processo comercial não otimizado para a cooperativa C, são apresentados no quadro 8.6 (em US\$).

Quadro 8.6 - Resultados - Cooperativa C

Lucro Líquido	Desvio Padrão
1.220.708,20	699.897,99
1.209.999,78	675.360,71
1.233.395,72	678.692,19
1.217.699,79	670.508,22
1.204.979,59	657.929,71

O próximo capítulo tratará das conclusões e das recomendações finais.

9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Primeiramente se tecerá algumas considerações com base nos resultados obtidos do capítulo anterior. Fez-se as simulações do processo comercial para as cooperativas A, B e C, sendo obtidos os valores esperados de interesse, medidos durante as 27 semanas em que se definiu o período comercial de análise.

A cooperativa A seguiu o plano otimizado, resultado da aplicação do método iterativo de Howard, dirigido a processos dinâmicos de decisão e que trazem no seu cerne a idéia “markoviana”. A princípio, este método é definido para processos de decisão estacionários, de longo prazo, cuja matriz de transição de estados é invariável no tempo e as decisões oriundas das políticas geradas conduzem ao maior ganho esperado por transição. O que se fez foi dirigir esta metodologia a um processo no qual as decisões resultam de políticas variáveis no tempo. Deixou-se de lado a questão da “estacionariedade” atingida pelo processo e, por conseqüência, a garantia da otimalidade, em troca da definição de um processo “aproximado” ao otimizado, mas que produziu resultados excelentes, quando comparados aos das cooperativas B e C. Embora alta a variabilidade para o seu lucro líquido, a cooperativa A, na maioria das vezes, encerra o ciclo comercial com dinheiro em caixa.

A cooperativa B definiu como plano de ação uma política racional, também variável no tempo, um tanto cautelosa quanto às suas vendas no início, passando a vender mais do meio para o fim do processo, já visualizando sua saída do mercado no final do processo.

A cooperativa C, por sua vez, adotou uma tática “fria” e bastante racional. Dividiu os seus recursos em duas partes: aplicou parte deles em grãos de soja e a outra manteve *cash*. Sua postura, frente ao mercado, foi a de não correr maiores riscos, comprando na “baixa” e vendendo na “alta”.

As cooperativas B e C, com relação ao lucro líquido esperado, tiveram desempenhos

substancialmente inferiores aos obtidos pela cooperativa A. É indiscutível essa diferença. A razão disso está na própria natureza do processo em análise. Processos comerciais como o definido, são processos dinâmicos, cujas decisões tomadas em cada estágio vão se sobrepondo no tempo e com conseqüências que se refletem na frente. Geralmente, políticas “míopes” como as utilizadas por B e C, cujas decisões correntes não mantêm vínculo algum com as futuras, falham no sentido da otimização desses processos, podendo levar a resultados desastrosos.

Como se viu, as técnicas de Programação Dinâmica tratam da otimização de processos dinâmicos e particularmente de casos envolvendo estocasticidade. O método de Howard, aqui aplicado, fornece ao tomador de decisões um plano de ações que lhe permite decidir a partir de uma dada configuração de preços e estoques. O decisor “olha” o presente e assume uma das alternativas previstas pela política para aquele estado. À primeira vista, isso parece ser uma atitude simplista, sem parecer que exista alguma preocupação quanto ao futuro; certas decisões tomadas parecem, às vezes conflitantes (vide os estados 243 e 244 do quadro 8.3, com $\tau=0$ e $\tau=12$), mas têm, na realidade, um longo alcance no caminho da otimalidade do processo. Aliás, está na própria “idéia markoviana”, essência da metodologia aplicada, o fato das informações presentes serem suficientes para as estimativas do futuro.

Um aspecto importante a ressaltar e que ficou evidenciado nos resultados obtidos, relaciona-se ao risco corrido pela empresa A ao seguir o modelo otimizado. Isso foi constatado na simulação do processo ao se examinar o valor obtido para o desvio padrão do lucro líquido. Se este, por sua vez é alto, o lucro líquido esperado também o é. Risco e retorno geralmente estão correlacionados positivamente. Os produtores, através das cooperativas, comercializam suas produções e tentam se precaver contra os riscos das variações dos preços buscando alguma proteção. Os mercados futuros são utilizados nesse sentido. Porém, uma vez diminuído o risco das operações, retornos elevados geralmente não são esperados. Não obstante a cooperativa A ter obtido os melhores resultados, ela também deverá estar preparada para eventuais desembolsos. O nível do capital de giro, por outro lado, poderá servir como indicativo para a obtenção de empréstimos que permitam manter possíveis as decisões de compra durante o processo comercial.

Com relação à metodologia empregada na otimização do processo, o método de Howard, apesar do pequeno número de iterações necessárias para chegar à convergência, apresenta uma característica que, aliada à linguagem computacional e ao equipamento utilizados, revelou-se pouco conveniente. Ela está relacionada com o

espaço ocupado de memória e o tempo de execução do programa. Observou-se uma alta sensibilidade do método nesses aspectos, quando ocorrem acréscimos no número de estados. Além do problema ter sido aqui tratado com 343 estados, ele foi também implementado e resolvido para um total de 96 estados, compreendendo 4 níveis para c , v e 6 níveis para e . Neste caso, o tempo de execução foi de 52 s. Já no problema com 343 estados, as convergências para as políticas ótimas foram obtidas em cerca de 30 min. O programa foi implementado na linguagem Turbo Pascal V-7.0 e rodado num micro-computador 486 DX2-66 com 8 MB de RAM. Esta versão do Turbo Pascal permite o acesso praticamente a toda a memória disponível, mas, para estruturas grandes como a matriz de transição de estados e o sistema de equações lineares, devem ser usadas variáveis do tipo ponteiro. O acesso contínuo aos números reais dessas estruturas tornou o programa bastante lento. Para problemas maiores, seria conveniente a codificação numa outra linguagem ou num equipamento mais rápido com maior disponibilidade de memória.

Uma outra recomendação também nesse sentido, é de aumentar o número de estados do sistema. Isso pode ser feito através de um aumento no número de faixas para os preços e/ou para os níveis de estoques. Séries históricas de preços mais longas também seriam convenientes, acrescentando assim maior robustez no cálculo das probabilidades de transição de estados.

Recomenda-se também o acompanhamento semanal dos preços durante o ano, excluindo as séries mais antigas e incluindo as atuais. Isto, realizado antes do início do período comercial, favorecerá a atualização das matrizes **VF** e **CF** da fase favorável que, juntamente com as matrizes **VNF** e **CNF** da fase não favorável, comporão as novas matrizes **P** do método de otimização. Assim, a cada ano, tem-se uma renovação das políticas a serem seguidas nos diversos períodos durante as 27 semanas definidas para o processo comercial. Com relação à duração do processo comercial e ao número de períodos, salienta-se que os valores aqui utilizados poderiam ser outros e escolhidos pelo próprio decisor, usando o seu *feeling* de mercado.

A análise deste tema ensejou a utilização de uma técnica de modelagem matemática que torna simples a abordagem de processos de tomada de decisões em mercados complexos como este, nada fácil, envolvendo clima, mercado externo, países produtores e

consumidores com suas políticas internas e conflitos de interesses das mais variadas ordens. Processos que trazem muita “dor de cabeça” para produtores, cooperativas, atravessadores, enfim, a todos aqueles que atuam nesse mercado, pela complexidade dos elementos envolvidos nas decisões. Trata-se, portanto, de uma contribuição que pode ser útil em processos desse tipo ou em outros com características semelhantes.

Evidentemente, este trabalho não é um fim em si mesmo. Na opinião do autor, a metodologia utilizada, embora robusta e adequada na modelagem deste processo, precisa ser explorada no sentido de permitir a contribuição da experiência prática do decisor na definição das políticas otimizadas. Isto foi observado ao se contatar algumas pessoas envolvidas nessa área. É difícil essas pessoas deixarem de lado toda a sua experiência profissional que os faz “sentir” o mercado, o que, praticamente, baliza e fundamenta as suas decisões. A simplicidade da decisão através do modelo proposto, muitas vezes gera dúvidas e descrença, pois as decisões parecem não incorporar de forma objetiva os elementos que o empresário julga importantes ao traçar a sua estratégia comercial. Entretanto, os elementos essenciais estão presentes e muito bem representados. Como já se afirmou no capítulo 6, as matrizes de probabilidades definidas (o “coração” do método), que de certa forma dirigem as decisões, traduzem numericamente todo um passado histórico de flutuações de preços. Essas flutuações tiveram origem nas mais variadas razões: políticas de governo, variações climáticas, níveis de oferta e demanda, greves, pressões de multinacionais, etc. A certeza das variações dos preços no futuro evidentemente não se tem a partir da análise desses preços no passado; mas, observadas certas condições de estacionariedade (média e variância), é lícito supor que a análise do passado permite projetar o futuro próximo com algum “grau de crença” e esta projeção vem contribuir na redução da dependência da sorte.

Para finalizar, o autor sugere com vistas ao desenvolvimento de trabalhos futuros:

- Buscar uma forma alternativa para tratar a questão da estacionariedade do processo, já que o índice de contração não mostrou ser uma medida aplicável a este caso. Uma abordagem mais voltada à Análise Numérica parece ser mais adequada aqui. Nesse

sentido, a escolha de uma norma matricial conveniente seria útil no exame da convergência da seqüência de matrizes de transição que podem se construídas no processo. Comparações futuras dos resultados assim obtidos com aqueles aqui conseguidos, seriam interessantes e bastante relevantes.

- Na definição do fator de sazonalidade α , admitiu-se a dependência linear entre α e os pontos semanais τ . Analisar outras formas de relacionamento entre essas duas grandezas é algo que pode ser realizado, objetivando também comparações de resultados.

- Após uma reavaliação anual das estruturas que compõem o método iterativo e da conseqüente geração das políticas otimizadas, comparar os resultados com os obtidos por uma empresa real. Desde já, dever ser observado que isso não é uma tarefa fácil, pois envolve um razoável tempo de acompanhamento para que se possa tirar conclusões significativas; de outra forma, apenas por simulação pode-se chegar a essas conclusões.

- Antes de concluir o trabalho, é interessante ressaltar que utilizar a metodologia aqui desenvolvida num sistema que incorpore, por exemplo, uma análise conjuntural, poderia trazer novas contribuições ao estudo do problema. Sem dúvida, isso se traduzirá numa agregação ao modelo proposto do “sentimento” do decisor em relação ao mercado. A construção de um sistema inteligente que venha a conciliar esses dois elementos: o modelo matemático visto mais o “sentimento” humano, poderá tornar-se uma ferramenta bastante poderosa de suporte a processos de decisão como o abordado neste trabalho. Os sistemas de apoio às decisões (SAD) têm uma estrutura que parece adequar-se a este tipo de análise.

ANEXO A

**SÉRIES HISTÓRICAS DE PREÇOS SEMANAIS DA SOJA EM GRÃO
MERCADO EXTERNO E AO PRODUTOR**

SÉRIES HISTÓRICAS DE PREÇOS

Preços médios semanais da soja em grão a nível de produtor e mercado externo
Período: Agosto 92/Julho 96

Preço de compra: custo líquido em US\$/t para a cooperativa na compra de 1t de soja.

Preço de venda: preço líquido em US\$/t para a cooperativa na venda de 1 t soja.

semana	data	compra	venda
1	06/ago/92	149,72	164,51
2	13/Ago	152,94	166,43
3	20/Ago	160,51	169,21
4	27/Ago	171,51	170,29
5	03/Set	177,62	173,92
6	10/Set	181,25	176,41
7	17/Set	181,85	173,34
8	24/Set	182,66	170,32
9	31/set	182,81	167,35
10	08/Out	183,22	164,43
11	15/Out	182,50	166,50
12	22/Out	175,47	169,86
13	29/Out	182,98	171,20
14	05/Nov	171,46	157,47
15	12/Nov	172,28	161,34
16	19/Nov	171,34	164,44
17	26/Nov	174,77	166,30
18	03/Dez	181,92	162,01
19	10/Dez	186,87	179,22
20	17/Dez	189,23	165,54
21	24/Dez	187,86	165,35
22	31/Dez	184,65	165,17
23	05/Jan/93	182,88	164,99
24	14/Jan	181,00	159,11
25	21/Jan	179,99	165,54
26	28/Jan	177,43	162,26
27	04/Fev	174,23	163,14
28	11/Fev	177,39	163,89
29	18/Fev	178,59	164,64
30	25/Fev	171,52	165,40
31	04/Mar	161,17	164,54
32	11/Mar	158,46	164,33
33	18/Mar	151,11	164,12
34	25/Mar	145,61	163,90
35	01/Abr	142,50	163,69
36	08/Abr	143,50	163,39
37	15/Abr	144,28	163,10
38	22/Abr	145,20	162,81
39	29/Abr	148,48	162,51
40	06/Mai	149,70	162,22
41	13/Mai	148,18	166,40
42	20/Mai	150,21	170,69

43	27/Mai	155,00	175,09
44	03/Jun	154,75	167,79
45	10/Jun	154,19	172,64
46	17/Jun	151,86	172,12
47	24/Jun	158,78	179,54
48	01/Jul	164,76	187,73
49	08/Jul	180,50	196,30
50	15/Jul	184,75	205,26
51	22/Jul	192,00	213,39
52	29/Jul	189,67	196,70
53	05/Ago	189,44	198,67
54	12/Ago	183,85	190,37
55	19/Ago	195,27	190,37
56	26/Ago	187,34	194,04
57	02/Set	183,21	191,84
58	09/Set	185,18	186,04
59	16/Set	179,51	189,66
60	23/Set	182,95	192,11
61	30/Set	183,41	181,80
62	07/Out	177,37	176,15
63	14/Out	179,52	172,21
64	21/Out	182,86	175,99
65	28/Out	183,78	179,15
66	04/Nov	182,93	178,24
67	11/Nov	184,61	189,95
68	18/Nov	188,47	197,36
69	25/Nov	193,78	184,95
70	02/Dez	195,13	178,34
71	09/Dez	196,65	180,87
72	16/Dez	197,42	183,44
73	23/Dez	195,46	185,48
74	30/Dez	194,18	187,55
75	06/01/94	193,48	189,64
76	13/Jan	191,50	194,13
77	20/Jan	197,21	187,80
78	27/Jan	193,21	190,34
79	03/Fev	189,83	187,00
80	10/Fev	192,38	187,28
81	17/Fev	187,34	187,57
82	24/Fev	189,02	191,63
83	03/Mar	189,04	187,10
84	10/Mar	185,40	193,33
85	17/Mar	177,57	199,46
86	24/Mar	177,55	194,51
87	31/Mar	178,21	189,05
88	07/Abr	173,39	179,52
89	14/Abr	169,17	177,88
90	21/Abr	170,74	183,25
91	28/Abr	175,29	186,11
92	05/Mai	177,26	184,39
93	12/Mai	170,70	191,97
94	19/Mai	170,39	202,22

95	26/Mai	177,20	195,42
96	02/Jun	179,49	204,73
97	09/Jun	177,37	199,89
98	16/Jun	186,86	210,82
99	23/Jun	184,14	202,66
100	30/Jun	179,50	194,82
101	07/Jul	173,75	182,82
102	14/Jul	175,26	176,12
103	21/Jul	171,53	169,75
104	28/Jul	171,86	172,26
105	04/Ago	176,84	165,60
106	11/Ago	177,42	168,74
107	18/Ago	176,89	170,22
108	25/Ago	178,71	164,64
109	01/Set	181,63	167,65
110	08/Set	182,16	169,16
111	15/Set	186,40	164,76
112	22/Set	188,41	158,27
113	29/Set	187,49	155,65
114	06/Out	191,40	151,22
115	13/Out	192,57	151,84
116	20/Out	186,38	156,89
117	27/Out	186,38	157,87
118	03/Nov	188,60	155,79
119	10/Nov	191,44	157,86
120	17/Nov	188,79	159,07
121	24/Nov	183,06	160,42
122	01/Dez	183,24	159,05
123	08/Dez	183,24	159,25
124	15/Dez	183,98	159,44
125	22/Dez	184,72	158,86
126	29/Dez	187,48	158,76
127	05/01/95	187,85	156,38
128	12/Jan	187,85	157,17
129	19/Jan	186,01	156,11
130	26/Jan	189,34	158,37
131	02/Fev	188,60	153,01
132	09/Fev	191,81	156,46
133	16/Fev	189,72	157,57
134	23/Fev	188,97	156,38
135	02/Mar	184,58	155,07
136	09/Mar	171,84	152,84
137	16/Mar	167,79	157,90
138	23/Mar	152,91	157,17
139	30/Mar	147,82	152,25
140	06/Abr	144,73	152,84
141	12/Abr	138,36	155,07
142	19/Abr	139,65	148,01
143	27/Abr	138,81	151,66
144	04/Mai	140,16	153,55
145	11/Mai	140,50	148,53
146	18/Mai	138,04	151,72

147	25/Mai	138,56	163,52
148	01/Jun	137,41	159,92
149	08/Jun	137,76	160,47
150	14/Jun	137,41	161,75
151	22/Jun	139,15	169,60
152	29/Jun	139,67	167,06
153	06/Jul	144,78	179,93
154	13/Jul	153,12	187,18
155	20/Jul	162,93	184,45
156	27/Jul	169,20	187,80
157	03/Ago	171,36	182,12
158	10/Ago	169,67	176,02
159	17/Ago	167,20	178,40
160	24/Ago	166,10	179,51
161	31/Ago	166,43	185,48
162	06/Set	166,92	186,18
163	14/Set	169,07	187,05
164	21/Set	171,54	198,99
165	28/Set	173,03	196,71
166	05/Out	170,57	189,79
167	11/Out	172,20	196,74
168	19/Out	174,82	198,48
169	26/Out	179,71	200,39
170	01/Nov	182,81	206,12
171	09/Nov	183,30	202,30
172	16/Dez	185,59	202,82
173	23/Nov	192,12	205,08
174	30/Nov	193,91	204,38
175	07/Dez	191,59	209,15
176	14/Dez	194,34	217,57
177	21/Dez	197,73	215,85
178	28/Dez	204,35	215,85
179	04/01/96	204,84	217,57
180	11/Jan	213,56	217,57
181	18/Jan	215,98	219,46
182	26/Jan	214,58	214,16
183	31/Jan	210,26	219,60
184	08/Fev	205,95	213,14
185	15/Fev	204,03	217,73
186	22/Fev	203,39	217,73
187	29/Fev	202,75	217,73
188	07/Mar	202,91	214,16
189	14/Mar	200,40	213,87
190	21/Mar	198,77	214,16
191	28/Mar	196,55	220,41
192	03/Abr	196,23	228,52
193	11/Abr	202,44	229,34
194	18/Abr	209,62	238,17
195	25/Abr	218,37	241,39
196	02/Mai	223,20	235,93
197	09/Mai	228,02	240,40
198	16/Mai	227,65	241,85

199	23/Mai	225,36	236,73
200	30/Mai	223,25	231,14
201	05/Jun	210,55	224,33
202	13/Jun	212,59	225,50
203	20/Jun	215,50	232,08
204	27/Jun	214,19	225,87
205	04/Jul	214,60	231,95
206	11/Jul	215,17	235,45
207	18/Jul	217,13	230,83
208	25/Jul	212,04	227,72
209	01/Ago	211,93	230,57

SÉRIES RELATIVAS ÀS DUAS FASES DE COMERCIALIZAÇÃO

FASE FAVORÁVEL AO COMÉRCIO EXTERNO

datas	compra	venda
04/03/93	161,17	164,54
11/Mar	158,46	164,33
18/Mar	151,11	164,12
25/Mar	145,61	163,90
01/Abr	142,50	163,69
08/Abr	143,50	163,39
15/Abr	144,28	163,10
22/Abr	145,20	162,81
29/Abr	148,48	162,51
06/Mai	149,70	162,22
13/Mai	148,18	166,40
20/Mai	150,21	170,69
27/Mai	155,00	175,09
03/Jun	154,75	167,79
10/Jun	154,19	172,64
17/Jun	151,86	172,12
24/Jun	158,78	179,54
01/Jul	164,76	187,73
08/Jul	180,50	196,30
15/Jul	184,75	205,26
22/Jul	192,00	213,39
29/Jul	189,67	196,70
10/03/94	185,40	193,33
17/Mar	177,57	199,46
24/Mar	177,55	194,51
31/Mar	178,21	189,05
07/Abr	173,39	179,52
14/Abr	169,17	177,88
21/Abr	170,74	183,25
28/Abr	175,29	186,11

05/Mai	177,26	184,39
12/Mai	170,70	191,97
19/Mai	170,39	202,22
26/Mai	177,20	195,42
02/Jun	179,49	204,73
09/Jun	177,37	199,89
16/Jun	186,86	210,82
23/Jun	184,14	202,66
30/Jun	179,50	194,82
07/Jul	173,75	182,82
14/Jul	175,26	176,12
21/Jul	171,52	169,71
28/Jul	171,86	172,26
16/03/95	167,79	157,90
23/Mar	152,91	157,17
30/Mar	147,82	152,25
06/Abr	144,73	152,84
12/Abr	138,36	155,07
19/Abr	139,65	148,01
27/Abr	138,81	151,66
04/Mai	140,16	153,55
11/Mai	140,50	148,53
18/Mai	138,04	151,72
25/Mai	138,56	163,52
01/Jun	137,41	159,92
08/Jun	137,76	160,47
14/Jun	137,41	161,75
22/Jun	139,15	169,60
29/Jun	139,67	167,06
06/Jul	144,78	179,93
13/Jul	153,12	187,18
20/Jul	162,93	184,45
27/Jul	169,20	187,8
07/03/96	202,91	214,16
14/Mar	200,40	213,87
21/Mar	198,77	214,16
28/Mar	196,55	220,41
03/Abr	196,23	228,52
11/Abr	202,44	229,34
18/Abr	209,62	238,17
25/Abr	218,37	241,39
02/Mai	223,20	235,93
09/Mai	228,02	240,40
16/Mai	227,65	241,85
23/Mai	225,36	236,73
30/Mai	223,25	231,14
05/Jun	210,55	224,33
13/Jun	212,59	225,50
20/Jun	215,50	232,08
27/Jun	214,19	225,87
04/Jul	214,60	231,95
11/Jul	215,17	235,45

18/Jul	217,13	230,83
25/Jul	212,04	227,72

Correlação entre compra e venda: $r = 0.97$

	mínimo	máximo	média
Compra	137,41	228,02	173,22
Venda	148,01	241,85	189,28

FASE NÃO FAVORÁVEL AO COMÉRCIO EXTERNO

Data	compra	venda
06/08/92	149,72	164,51
13/Ago	152,94	166,43
20/Ago	160,51	169,21
27/Ago	171,51	170,29
03/Set	177,62	173,92
10/Set	181,25	176,41
17/Set	181,85	173,34
24/Set	182,66	170,32
31/set	182,81	167,35
08/Out	183,22	164,43
15/Out	182,50	166,50
22/Out	175,47	169,86
29/Out	182,98	171,20
05/Nov	171,46	157,47
12/Nov	172,28	161,34
19/Nov	171,34	164,44
26/Nov	174,77	166,30
03/Dez	181,92	162,01
10/Dez	186,87	179,22
17/Dez	189,23	165,54
24/Dez	187,86	165,35
31/Dez	184,65	165,17
07/Jan	182,88	164,99
14/Jan	181,00	159,11
21/Jan	179,99	165,54
28/Jan	177,43	162,26
04/Fev	174,23	163,14
11/Fev	177,39	163,89
18/Fev	178,59	164,64
25/Fev	171,52	165,40
05/Ago/93	189,44	198,67
12/Ago	183,85	190,37
19/Ago	195,27	190,37
26/Ago	187,34	194,04
02/Set	183,21	191,84

09/Set	185,18	186,04
16/Set	179,51	189,66
23/Set	182,95	192,11
30/Set	183,41	181,80
07/Out	177,37	176,15
14/Out	179,52	172,21
21/Out	182,86	175,99
28/Out	183,78	179,15
04/Nov	182,93	178,24
11/Nov	184,61	189,95
18/Nov	188,47	197,36
25/Nov	193,78	184,95
02/Dez	195,13	178,34
09/Dez	196,65	180,87
16/Dez	197,42	183,44
23/Dez	195,46	185,48
30/Dez	194,18	187,55
06/Jan	193,48	189,64
13/Jan	191,50	194,13
20/Jan	197,21	187,80
27/Jan	193,21	190,34
03/Fev	189,83	187,00
10/Fev	192,38	187,28
17/Fev	187,34	187,57
24/Fev	189,02	191,63
04/Ago/94	176,84	165,60
11/Ago	177,42	168,74
18/Ago	176,89	170,22
25/Ago	178,71	164,64
01/Set	181,63	167,65
08/Set	182,16	169,16
15/Set	186,40	164,76
22/Set	188,41	158,27
29/Set	187,49	155,65
06/Out	191,40	151,22
13/Out	192,57	151,84
20/Out	186,38	156,89
27/Out	186,38	157,87
03/Nov	188,60	155,79
10/Nov	191,44	157,86
17/Nov	188,79	159,07
24/Nov	183,06	160,42
01/Dez	183,24	159,05
08/Dez	183,24	159,25
15/Dez	183,98	159,44
22/Dez	184,72	158,86
29/Dez	187,48	158,76
05/Jan	187,85	156,38
12/Jan	187,85	157,17
19/Jan	186,01	156,11
26/Jan	189,34	158,37
02/Fev	188,60	153,01

09/Fev	191,81	156,46
16/Fev	189,72	157,57
23/Fev	188,97	156,38
03/Ago/95	171,36	182,12
10/Ago	169,67	176,02
17/Ago	167,20	178,40
24/Ago	166,10	179,51
31/Ago	166,43	185,48
06/Set	166,92	186,18
14/Set	169,07	187,05
21/Set	171,54	198,99
28/Set	173,03	196,71
05/Out	170,57	189,79
11/Out	172,20	196,74
19/Out	174,82	198,48
26/Out	179,71	200,39
01/Nov	182,81	206,12
09/Nov	183,30	202,30
16/Dez	185,59	202,82
23/Nov	192,12	205,08
30/Nov	193,91	204,38
07/Dez	191,59	209,15
14/Dez	194,34	217,57
21/Dez	197,73	215,85
28/Dez	204,35	215,85
04/Jan	204,84	217,57
11/Jan	213,56	217,57
18/Jan	215,98	219,46
26/Jan	214,58	214,16
31/Jan	210,26	219,60
08/Fev	205,95	213,14
15/Fev	204,03	217,73
22/Fev	203,39	217,73
29/Fev	202,75	217,73

Correlação entre compra e venda: $r = 0.68$

	mínimo	máximo	média
compra	149,72	215,98	184,8
venda	151,22	219,60	179,14

ANEXO B

POLÍTICAS ÓTIMAS PARA O PROCESSO COMERCIAL

Política ótima para o tempo $t = 0$:

Estado	Compra	Venda	Estoque	Decisao
1	143.88	154.72	0	Compra 6 lotes
2	143.88	154.72	5000	Compra 5 lotes
3	143.88	154.72	10000	Compra 4 lotes
4	143.88	154.72	15000	Compra 3 lotes
5	143.88	154.72	20000	Vende 4 lotes
6	143.88	154.72	25000	Vende 5 lotes
7	143.88	154.72	30000	Vende 6 lotes
8	143.88	168.13	0	Compra 6 lotes
9	143.88	168.13	5000	Compra 5 lotes
10	143.88	168.13	10000	Compra 4 lotes
11	143.88	168.13	15000	Compra 3 lotes
12	143.88	168.13	20000	Vende 4 lotes
13	143.88	168.13	25000	Vende 5 lotes
14	143.88	168.13	30000	Vende 6 lotes
15	143.88	181.54	0	Compra 6 lotes
16	143.88	181.54	5000	Compra 5 lotes
17	143.88	181.54	10000	Compra 4 lotes
18	143.88	181.54	15000	Compra 3 lotes
19	143.88	181.54	20000	Compra 2 lotes
20	143.88	181.54	25000	Vende 5 lotes
21	143.88	181.54	30000	Vende 6 lotes
22	143.88	194.95	0	Compra 6 lotes
23	143.88	194.95	5000	Compra 5 lotes
24	143.88	194.95	10000	Compra 4 lotes
25	143.88	194.95	15000	Compra 3 lotes
26	143.88	194.95	20000	Compra 2 lotes
27	143.88	194.95	25000	Compra 1 lote
28	143.88	194.95	30000	Vende 6 lotes
29	143.88	208.36	0	Compra 6 lotes
30	143.88	208.36	5000	Compra 5 lotes
31	143.88	208.36	10000	Compra 4 lotes
32	143.88	208.36	15000	Compra 3 lotes
33	143.88	208.36	20000	Compra 2 lotes
34	143.88	208.36	25000	Vende 5 lotes
35	143.88	208.36	30000	Vende 6 lotes
36	143.88	221.77	0	Compra 6 lotes
37	143.88	221.77	5000	Compra 5 lotes
38	143.88	221.77	10000	Compra 4 lotes
39	143.88	221.77	15000	Compra 3 lotes
40	143.88	221.77	20000	Compra 2 lotes
41	143.88	221.77	25000	Compra 1 lote
42	143.88	221.77	30000	Aguarda
43	143.88	235.18	0	Compra 6 lotes
44	143.88	235.18	5000	Compra 5 lotes
45	143.88	235.18	10000	Compra 4 lotes
46	143.88	235.18	15000	Compra 3 lotes
47	143.88	235.18	20000	Compra 2 lotes
48	143.88	235.18	25000	Compra 1 lote
49	143.88	235.18	30000	Vende 6 lotes
50	156.82	154.72	0	Aguarda
51	156.82	154.72	5000	Vende 1 lote
52	156.82	154.72	10000	Vende 2 lotes

53	156.82	154.72	15000	Vende 3 lotes
54	156.82	154.72	20000	Vende 4 lotes
55	156.82	154.72	25000	Vende 5 lotes
56	156.82	154.72	30000	Vende 6 lotes
57	156.82	168.13	0	Compra 6 lotes
58	156.82	168.13	5000	Compra 5 lotes
59	156.82	168.13	10000	Vende 2 lotes
60	156.82	168.13	15000	Vende 3 lotes
61	156.82	168.13	20000	Vende 4 lotes
62	156.82	168.13	25000	Vende 5 lotes
63	156.82	168.13	30000	Vende 6 lotes
64	156.82	181.54	0	Compra 6 lotes
65	156.82	181.54	5000	Compra 5 lotes
66	156.82	181.54	10000	Compra 4 lotes
67	156.82	181.54	15000	Compra 3 lotes
68	156.82	181.54	20000	Vende 4 lotes
69	156.82	181.54	25000	Vende 5 lotes
70	156.82	181.54	30000	Vende 6 lotes
71	156.82	194.95	0	Compra 6 lotes
72	156.82	194.95	5000	Compra 5 lotes
73	156.82	194.95	10000	Compra 4 lotes
74	156.82	194.95	15000	Compra 3 lotes
75	156.82	194.95	20000	Compra 2 lotes
76	156.82	194.95	25000	Compra 1 lote
77	156.82	194.95	30000	Vende 6 lotes
78	156.82	208.36	0	Compra 6 lotes
79	156.82	208.36	5000	Compra 5 lotes
80	156.82	208.36	10000	Compra 4 lotes
81	156.82	208.36	15000	Compra 3 lotes
82	156.82	208.36	20000	Compra 2 lotes
83	156.82	208.36	25000	Vende 5 lotes
84	156.82	208.36	30000	Vende 6 lotes
85	156.82	221.77	0	Compra 6 lotes
86	156.82	221.77	5000	Compra 5 lotes
87	156.82	221.77	10000	Compra 4 lotes
88	156.82	221.77	15000	Compra 3 lotes
89	156.82	221.77	20000	Compra 2 lotes
90	156.82	221.77	25000	Compra 1 lote
91	156.82	221.77	30000	Aguarda
92	156.82	235.18	0	Compra 6 lotes
93	156.82	235.18	5000	Compra 5 lotes
94	156.82	235.18	10000	Compra 4 lotes
95	156.82	235.18	15000	Compra 3 lotes
96	156.82	235.18	20000	Compra 2 lotes
97	156.82	235.18	25000	Compra 1 lote
98	156.82	235.18	30000	Vende 6 lotes
99	169.76	154.72	0	Aguarda
100	169.76	154.72	5000	Vende 1 lote
101	169.76	154.72	10000	Vende 2 lotes
102	169.76	154.72	15000	Vende 3 lotes
103	169.76	154.72	20000	Vende 4 lotes
104	169.76	154.72	25000	Vende 5 lotes
105	169.76	154.72	30000	Vende 6 lotes
106	169.76	168.13	0	Aguarda
107	169.76	168.13	5000	Vende 1 lote
108	169.76	168.13	10000	Vende 2 lotes
109	169.76	168.13	15000	Vende 3 lotes

110	169.76	168.13	20000	Vende 4 lotes
111	169.76	168.13	25000	Vende 5 lotes
112	169.76	168.13	30000	Vende 6 lotes
113	169.76	181.54	0	Compra 6 lotes
114	169.76	181.54	5000	Compra 5 lotes
115	169.76	181.54	10000	Vende 2 lotes
116	169.76	181.54	15000	Vende 3 lotes
117	169.76	181.54	20000	Vende 4 lotes
118	169.76	181.54	25000	Vende 5 lotes
119	169.76	181.54	30000	Vende 6 lotes
120	169.76	194.95	0	Compra 6 lotes
121	169.76	194.95	5000	Compra 5 lotes
122	169.76	194.95	10000	Compra 4 lotes
123	169.76	194.95	15000	Compra 3 lotes
124	169.76	194.95	20000	Compra 2 lotes
125	169.76	194.95	25000	Vende 5 lotes
126	169.76	194.95	30000	Vende 6 lotes
127	169.76	208.36	0	Compra 6 lotes
128	169.76	208.36	5000	Compra 5 lotes
129	169.76	208.36	10000	Compra 4 lotes
130	169.76	208.36	15000	Compra 3 lotes
131	169.76	208.36	20000	Vende 4 lotes
132	169.76	208.36	25000	Vende 5 lotes
133	169.76	208.36	30000	Vende 6 lotes
134	169.76	221.77	0	Compra 6 lotes
135	169.76	221.77	5000	Compra 5 lotes
136	169.76	221.77	10000	Compra 4 lotes
137	169.76	221.77	15000	Compra 3 lotes
138	169.76	221.77	20000	Compra 2 lotes
139	169.76	221.77	25000	Compra 1 lote
140	169.76	221.77	30000	Aguarda
141	169.76	235.18	0	Compra 6 lotes
142	169.76	235.18	5000	Compra 5 lotes
143	169.76	235.18	10000	Compra 4 lotes
144	169.76	235.18	15000	Compra 3 lotes
145	169.76	235.18	20000	Compra 2 lotes
146	169.76	235.18	25000	Vende 5 lotes
147	169.76	235.18	30000	Vende 6 lotes
148	182.70	154.72	0	Aguarda
149	182.70	154.72	5000	Vende 1 lote
150	182.70	154.72	10000	Vende 2 lotes
151	182.70	154.72	15000	Vende 3 lotes
152	182.70	154.72	20000	Vende 4 lotes
153	182.70	154.72	25000	Vende 5 lotes
154	182.70	154.72	30000	Vende 6 lotes
155	182.70	168.13	0	Aguarda
156	182.70	168.13	5000	Vende 1 lote
157	182.70	168.13	10000	Vende 2 lotes
158	182.70	168.13	15000	Vende 3 lotes
159	182.70	168.13	20000	Vende 4 lotes
160	182.70	168.13	25000	Vende 5 lotes
161	182.70	168.13	30000	Vende 6 lotes
162	182.70	181.54	0	Aguarda
163	182.70	181.54	5000	Vende 1 lote
164	182.70	181.54	10000	Vende 2 lotes
165	182.70	181.54	15000	Vende 3 lotes
166	182.70	181.54	20000	Vende 4 lotes

167	182.70	181.54	25000	Vende 5 lotes
168	182.70	181.54	30000	Vende 6 lotes
169	182.70	194.95	0	Compra 6 lotes
170	182.70	194.95	5000	Compra 5 lotes
171	182.70	194.95	10000	Compra 4 lotes
172	182.70	194.95	15000	Compra 3 lotes
173	182.70	194.95	20000	Vende 4 lotes
174	182.70	194.95	25000	Vende 5 lotes
175	182.70	194.95	30000	Vende 6 lotes
176	182.70	208.36	0	Compra 6 lotes
177	182.70	208.36	5000	Compra 5 lotes
178	182.70	208.36	10000	Compra 4 lotes
179	182.70	208.36	15000	Vende 3 lotes
180	182.70	208.36	20000	Vende 4 lotes
181	182.70	208.36	25000	Vende 5 lotes
182	182.70	208.36	30000	Vende 6 lotes
183	182.70	221.77	0	Compra 6 lotes
184	182.70	221.77	5000	Compra 5 lotes
185	182.70	221.77	10000	Compra 4 lotes
186	182.70	221.77	15000	Compra 3 lotes
187	182.70	221.77	20000	Compra 2 lotes
188	182.70	221.77	25000	Compra 1 lote
189	182.70	221.77	30000	Aguarda
190	182.70	235.18	0	Compra 6 lotes
191	182.70	235.18	5000	Compra 5 lotes
192	182.70	235.18	10000	Compra 4 lotes
193	182.70	235.18	15000	Compra 3 lotes
194	182.70	235.18	20000	Compra 2 lotes
195	182.70	235.18	25000	Vende 5 lotes
196	182.70	235.18	30000	Vende 6 lotes
197	195.64	154.72	0	Aguarda
198	195.64	154.72	5000	Vende 1 lote
199	195.64	154.72	10000	Vende 2 lotes
200	195.64	154.72	15000	Vende 3 lotes
201	195.64	154.72	20000	Vende 4 lotes
202	195.64	154.72	25000	Vende 5 lotes
203	195.64	154.72	30000	Vende 6 lotes
204	195.64	168.13	0	Aguarda
205	195.64	168.13	5000	Vende 1 lote
206	195.64	168.13	10000	Vende 2 lotes
207	195.64	168.13	15000	Vende 3 lotes
208	195.64	168.13	20000	Vende 4 lotes
209	195.64	168.13	25000	Vende 5 lotes
210	195.64	168.13	30000	Vende 6 lotes
211	195.64	181.54	0	Aguarda
212	195.64	181.54	5000	Vende 1 lote
213	195.64	181.54	10000	Vende 2 lotes
214	195.64	181.54	15000	Vende 3 lotes
215	195.64	181.54	20000	Vende 4 lotes
216	195.64	181.54	25000	Vende 5 lotes
217	195.64	181.54	30000	Vende 6 lotes
218	195.64	194.95	0	Aguarda
219	195.64	194.95	5000	Vende 1 lote
220	195.64	194.95	10000	Vende 2 lotes
221	195.64	194.95	15000	Vende 3 lotes
222	195.64	194.95	20000	Vende 4 lotes
223	195.64	194.95	25000	Vende 5 lotes

224	195.64	194.95	30000	Vende 6 lotes
225	195.64	208.36	0	Aguarda
226	195.64	208.36	5000	Vende 1 lote
227	195.64	208.36	10000	Vende 2 lotes
228	195.64	208.36	15000	Vende 3 lotes
229	195.64	208.36	20000	Vende 4 lotes
230	195.64	208.36	25000	Vende 5 lotes
231	195.64	208.36	30000	Vende 6 lotes
232	195.64	221.77	0	Compra 6 lotes
233	195.64	221.77	5000	Compra 5 lotes
234	195.64	221.77	10000	Compra 4 lotes
235	195.64	221.77	15000	Compra 3 lotes
236	195.64	221.77	20000	Compra 2 lotes
237	195.64	221.77	25000	Compra 1 lote
238	195.64	221.77	30000	Aguarda
239	195.64	235.18	0	Compra 6 lotes
240	195.64	235.18	5000	Compra 5 lotes
241	195.64	235.18	10000	Compra 4 lotes
242	195.64	235.18	15000	Compra 3 lotes
243	195.64	235.18	20000	Compra 2 lotes
244	195.64	235.18	25000	Vende 5 lotes
245	195.64	235.18	30000	Vende 6 lotes
246	208.58	154.72	0	Aguarda
247	208.58	154.72	5000	Vende 1 lote
248	208.58	154.72	10000	Vende 2 lotes
249	208.58	154.72	15000	Vende 3 lotes
250	208.58	154.72	20000	Vende 4 lotes
251	208.58	154.72	25000	Vende 5 lotes
252	208.58	154.72	30000	Vende 6 lotes
253	208.58	168.13	0	Aguarda
254	208.58	168.13	5000	Vende 1 lote
255	208.58	168.13	10000	Vende 2 lotes
256	208.58	168.13	15000	Vende 3 lotes
257	208.58	168.13	20000	Vende 4 lotes
258	208.58	168.13	25000	Vende 5 lotes
259	208.58	168.13	30000	Vende 6 lotes
260	208.58	181.54	0	Aguarda
261	208.58	181.54	5000	Vende 1 lote
262	208.58	181.54	10000	Vende 2 lotes
263	208.58	181.54	15000	Vende 3 lotes
264	208.58	181.54	20000	Vende 4 lotes
265	208.58	181.54	25000	Vende 5 lotes
266	208.58	181.54	30000	Vende 6 lotes
267	208.58	194.95	0	Aguarda
268	208.58	194.95	5000	Vende 1 lote
269	208.58	194.95	10000	Vende 2 lotes
270	208.58	194.95	15000	Vende 3 lotes
271	208.58	194.95	20000	Vende 4 lotes
272	208.58	194.95	25000	Vende 5 lotes
273	208.58	194.95	30000	Vende 6 lotes
274	208.58	208.36	0	Aguarda
275	208.58	208.36	5000	Vende 1 lote
276	208.58	208.36	10000	Vende 2 lotes
277	208.58	208.36	15000	Vende 3 lotes
278	208.58	208.36	20000	Vende 4 lotes
279	208.58	208.36	25000	Vende 5 lotes
280	208.58	208.36	30000	Vende 6 lotes

281	208.58	221.77	0	Compra 6 lotes
282	208.58	221.77	5000	Compra 5 lotes
283	208.58	221.77	10000	Compra 4 lotes
284	208.58	221.77	15000	Compra 3 lotes
285	208.58	221.77	20000	Compra 2 lotes
286	208.58	221.77	25000	Compra 1 lote
287	208.58	221.77	30000	Aguarda
288	208.58	235.18	0	Compra 6 lotes
289	208.58	235.18	5000	Compra 5 lotes
290	208.58	235.18	10000	Compra 4 lotes
291	208.58	235.18	15000	Compra 3 lotes
292	208.58	235.18	20000	Vende 4 lotes
293	208.58	235.18	25000	Vende 5 lotes
294	208.58	235.18	30000	Vende 6 lotes
295	221.52	154.72	0	Aguarda
296	221.52	154.72	5000	Vende 1 lote
297	221.52	154.72	10000	Vende 2 lotes
298	221.52	154.72	15000	Vende 3 lotes
299	221.52	154.72	20000	Vende 4 lotes
300	221.52	154.72	25000	Vende 5 lotes
301	221.52	154.72	30000	Vende 6 lotes
302	221.52	168.13	0	Aguarda
303	221.52	168.13	5000	Vende 1 lote
304	221.52	168.13	10000	Vende 2 lotes
305	221.52	168.13	15000	Vende 3 lotes
306	221.52	168.13	20000	Vende 4 lotes
307	221.52	168.13	25000	Vende 5 lotes
308	221.52	168.13	30000	Vende 6 lotes
309	221.52	181.54	0	Aguarda
310	221.52	181.54	5000	Vende 1 lote
311	221.52	181.54	10000	Vende 2 lotes
312	221.52	181.54	15000	Vende 3 lotes
313	221.52	181.54	20000	Vende 4 lotes
314	221.52	181.54	25000	Vende 5 lotes
315	221.52	181.54	30000	Vende 6 lotes
316	221.52	194.95	0	Aguarda
317	221.52	194.95	5000	Vende 1 lote
318	221.52	194.95	10000	Vende 2 lotes
319	221.52	194.95	15000	Vende 3 lotes
320	221.52	194.95	20000	Vende 4 lotes
321	221.52	194.95	25000	Vende 5 lotes
322	221.52	194.95	30000	Vende 6 lotes
323	221.52	208.36	0	Aguarda
324	221.52	208.36	5000	Vende 1 lote
325	221.52	208.36	10000	Vende 2 lotes
326	221.52	208.36	15000	Vende 3 lotes
327	221.52	208.36	20000	Vende 4 lotes
328	221.52	208.36	25000	Vende 5 lotes
329	221.52	208.36	30000	Vende 6 lotes
330	221.52	221.77	0	Compra 6 lotes
331	221.52	221.77	5000	Compra 5 lotes
332	221.52	221.77	10000	Compra 4 lotes
333	221.52	221.77	15000	Compra 3 lotes
334	221.52	221.77	20000	Compra 2 lotes
335	221.52	221.77	25000	Compra 1 lote
336	221.52	221.77	30000	Aguarda
337	221.52	235.18	0	Compra 6 lotes

338	221.52	235.18	5000	Vende 1 lote
339	221.52	235.18	10000	Vende 2 lotes
340	221.52	235.18	15000	Vende 3 lotes
341	221.52	235.18	20000	Vende 4 lotes
342	221.52	235.18	25000	Vende 5 lotes
343	221.52	235.18	30000	Vende 6 lotes

Ganho medio semanal: US\$ 283.243,36

Política ótima para o tempo $t = 12$:

Estado	Compra	Venda	Estoque	Decisao
1	143.88	154.72	0	Compra 6 lotes
2	143.88	154.72	5000	Compra 5 lotes
3	143.88	154.72	10000	Compra 4 lotes
4	143.88	154.72	15000	Compra 3 lotes
5	143.88	154.72	20000	Compra 2 lotes
6	143.88	154.72	25000	Vende 5 lotes
7	143.88	154.72	30000	Vende 6 lotes
8	143.88	168.13	0	Compra 6 lotes
9	143.88	168.13	5000	Compra 5 lotes
10	143.88	168.13	10000	Compra 4 lotes
11	143.88	168.13	15000	Compra 3 lotes
12	143.88	168.13	20000	Vende 4 lotes
13	143.88	168.13	25000	Vende 5 lotes
14	143.88	168.13	30000	Vende 6 lotes
15	143.88	181.54	0	Compra 6 lotes
16	143.88	181.54	5000	Compra 5 lotes
17	143.88	181.54	10000	Compra 4 lotes
18	143.88	181.54	15000	Compra 3 lotes
19	143.88	181.54	20000	Compra 2 lotes
20	143.88	181.54	25000	Vende 5 lotes
21	143.88	181.54	30000	Vende 6 lotes
22	143.88	194.95	0	Compra 6 lotes
23	143.88	194.95	5000	Compra 5 lotes
24	143.88	194.95	10000	Compra 4 lotes
25	143.88	194.95	15000	Compra 3 lotes
26	143.88	194.95	20000	Compra 2 lotes
27	143.88	194.95	25000	Vende 5 lotes
28	143.88	194.95	30000	Vende 6 lotes
29	143.88	208.36	0	Compra 6 lotes
30	143.88	208.36	5000	Compra 5 lotes
31	143.88	208.36	10000	Compra 4 lotes
32	143.88	208.36	15000	Compra 3 lotes
33	143.88	208.36	20000	Compra 2 lotes
34	143.88	208.36	25000	Vende 5 lotes
35	143.88	208.36	30000	Vende 6 lotes
36	143.88	221.77	0	Compra 6 lotes
37	143.88	221.77	5000	Compra 5 lotes
38	143.88	221.77	10000	Compra 4 lotes
39	143.88	221.77	15000	Compra 3 lotes

40	143.88	221.77	20000	Compra 2 lotes
41	143.88	221.77	25000	Compra 1 lote
42	143.88	221.77	30000	Vende 6 lotes
43	143.88	235.18	0	Compra 6 lotes
44	143.88	235.18	5000	Compra 5 lotes
45	143.88	235.18	10000	Compra 4 lotes
46	143.88	235.18	15000	Compra 3 lotes
47	143.88	235.18	20000	Compra 2 lotes
48	143.88	235.18	25000	Compra 1 lote
49	143.88	235.18	30000	Vende 6 lotes
50	156.82	154.72	0	Aguarda
51	156.82	154.72	5000	Vende 1 lote
52	156.82	154.72	10000	Vende 2 lotes
53	156.82	154.72	15000	Vende 3 lotes
54	156.82	154.72	20000	Vende 4 lotes
55	156.82	154.72	25000	Vende 5 lotes
56	156.82	154.72	30000	Vende 6 lotes
57	156.82	168.13	0	Compra 6 lotes
58	156.82	168.13	5000	Vende 1 lote
59	156.82	168.13	10000	Vende 2 lotes
60	156.82	168.13	15000	Vende 3 lotes
61	156.82	168.13	20000	Vende 4 lotes
62	156.82	168.13	25000	Vende 5 lotes
63	156.82	168.13	30000	Vende 6 lotes
64	156.82	181.54	0	Compra 6 lotes
65	156.82	181.54	5000	Compra 5 lotes
66	156.82	181.54	10000	Compra 4 lotes
67	156.82	181.54	15000	Compra 3 lotes
68	156.82	181.54	20000	Vende 4 lotes
69	156.82	181.54	25000	Vende 5 lotes
70	156.82	181.54	30000	Vende 6 lotes
71	156.82	194.95	0	Compra 6 lotes
72	156.82	194.95	5000	Compra 5 lotes
73	156.82	194.95	10000	Compra 4 lotes
74	156.82	194.95	15000	Compra 3 lotes
75	156.82	194.95	20000	Compra 2 lotes
76	156.82	194.95	25000	Vende 5 lotes
77	156.82	194.95	30000	Vende 6 lotes
78	156.82	208.36	0	Compra 6 lotes
79	156.82	208.36	5000	Compra 5 lotes
80	156.82	208.36	10000	Compra 4 lotes
81	156.82	208.36	15000	Compra 3 lotes
82	156.82	208.36	20000	Compra 2 lotes
83	156.82	208.36	25000	Vende 5 lotes
84	156.82	208.36	30000	Vende 6 lotes
85	156.82	221.77	0	Compra 6 lotes
86	156.82	221.77	5000	Compra 5 lotes
87	156.82	221.77	10000	Compra 4 lotes
88	156.82	221.77	15000	Compra 3 lotes
89	156.82	221.77	20000	Compra 2 lotes
90	156.82	221.77	25000	Compra 1 lote
91	156.82	221.77	30000	Vende 6 lotes
92	156.82	235.18	0	Compra 6 lotes
93	156.82	235.18	5000	Compra 5 lotes
94	156.82	235.18	10000	Compra 4 lotes
95	156.82	235.18	15000	Compra 3 lotes
96	156.82	235.18	20000	Compra 2 lotes

97	156.82	235.18	25000	Compra 1 lote
98	156.82	235.18	30000	Vende 6 lotes
99	169.76	154.72	0	Aguarda
100	169.76	154.72	5000	Vende 1 lote
101	169.76	154.72	10000	Vende 2 lotes
102	169.76	154.72	15000	Vende 3 lotes
103	169.76	154.72	20000	Vende 4 lotes
104	169.76	154.72	25000	Vende 5 lotes
105	169.76	154.72	30000	Vende 6 lotes
106	169.76	168.13	0	Aguarda
107	169.76	168.13	5000	Vende 1 lote
108	169.76	168.13	10000	Vende 2 lotes
109	169.76	168.13	15000	Vende 3 lotes
110	169.76	168.13	20000	Vende 4 lotes
111	169.76	168.13	25000	Vende 5 lotes
112	169.76	168.13	30000	Vende 6 lotes
113	169.76	181.54	0	Compra 6 lotes
114	169.76	181.54	5000	Vende 1 lote
115	169.76	181.54	10000	Vende 2 lotes
116	169.76	181.54	15000	Vende 3 lotes
117	169.76	181.54	20000	Vende 4 lotes
118	169.76	181.54	25000	Vende 5 lotes
119	169.76	181.54	30000	Vende 6 lotes
120	169.76	194.95	0	Compra 6 lotes
121	169.76	194.95	5000	Compra 5 lotes
122	169.76	194.95	10000	Compra 4 lotes
123	169.76	194.95	15000	Compra 3 lotes
124	169.76	194.95	20000	Vende 4 lotes
125	169.76	194.95	25000	Vende 5 lotes
126	169.76	194.95	30000	Vende 6 lotes
127	169.76	208.36	0	Compra 6 lotes
128	169.76	208.36	5000	Compra 5 lotes
129	169.76	208.36	10000	Compra 4 lotes
130	169.76	208.36	15000	Compra 3 lotes
131	169.76	208.36	20000	Compra 2 lotes
132	169.76	208.36	25000	Vende 5 lotes
133	169.76	208.36	30000	Vende 6 lotes
134	169.76	221.77	0	Compra 6 lotes
135	169.76	221.77	5000	Compra 5 lotes
136	169.76	221.77	10000	Compra 4 lotes
137	169.76	221.77	15000	Compra 3 lotes
138	169.76	221.77	20000	Compra 2 lotes
139	169.76	221.77	25000	Compra 1 lote
140	169.76	221.77	30000	Vende 6 lotes
141	169.76	235.18	0	Compra 6 lotes
142	169.76	235.18	5000	Compra 5 lotes
143	169.76	235.18	10000	Compra 4 lotes
144	169.76	235.18	15000	Compra 3 lotes
145	169.76	235.18	20000	Compra 2 lotes
146	169.76	235.18	25000	Vende 5 lotes
147	169.76	235.18	30000	Vende 6 lotes
148	182.70	154.72	0	Aguarda
149	182.70	154.72	5000	Vende 1 lote
150	182.70	154.72	10000	Vende 2 lotes
151	182.70	154.72	15000	Vende 3 lotes
152	182.70	154.72	20000	Vende 4 lotes
153	182.70	154.72	25000	Vende 5 lotes

154	182.70	154.72	30000	Vende 6 lotes
155	182.70	168.13	0	Aguarda
156	182.70	168.13	5000	Vende 1 lote
157	182.70	168.13	10000	Vende 2 lotes
158	182.70	168.13	15000	Vende 3 lotes
159	182.70	168.13	20000	Vende 4 lotes
160	182.70	168.13	25000	Vende 5 lotes
161	182.70	168.13	30000	Vende 6 lotes
162	182.70	181.54	0	Aguarda
163	182.70	181.54	5000	Vende 1 lote
164	182.70	181.54	10000	Vende 2 lotes
165	182.70	181.54	15000	Vende 3 lotes
166	182.70	181.54	20000	Vende 4 lotes
167	182.70	181.54	25000	Vende 5 lotes
168	182.70	181.54	30000	Vende 6 lotes
169	182.70	194.95	0	Compra 6 lotes
170	182.70	194.95	5000	Compra 5 lotes
171	182.70	194.95	10000	Vende 2 lotes
172	182.70	194.95	15000	Vende 3 lotes
173	182.70	194.95	20000	Vende 4 lotes
174	182.70	194.95	25000	Vende 5 lotes
175	182.70	194.95	30000	Vende 6 lotes
176	182.70	208.36	0	Compra 6 lotes
177	182.70	208.36	5000	Compra 5 lotes
178	182.70	208.36	10000	Compra 4 lotes
179	182.70	208.36	15000	Compra 3 lotes
180	182.70	208.36	20000	Vende 4 lotes
181	182.70	208.36	25000	Vende 5 lotes
182	182.70	208.36	30000	Vende 6 lotes
183	182.70	221.77	0	Compra 6 lotes
184	182.70	221.77	5000	Compra 5 lotes
185	182.70	221.77	10000	Compra 4 lotes
186	182.70	221.77	15000	Compra 3 lotes
187	182.70	221.77	20000	Compra 2 lotes
188	182.70	221.77	25000	Compra 1 lote
189	182.70	221.77	30000	Vende 6 lotes
190	182.70	235.18	0	Compra 6 lotes
191	182.70	235.18	5000	Compra 5 lotes
192	182.70	235.18	10000	Compra 4 lotes
193	182.70	235.18	15000	Compra 3 lotes
194	182.70	235.18	20000	Compra 2 lotes
195	182.70	235.18	25000	Vende 5 lotes
196	182.70	235.18	30000	Vende 6 lotes
197	195.64	154.72	0	Aguarda
198	195.64	154.72	5000	Vende 1 lote
199	195.64	154.72	10000	Vende 2 lotes
200	195.64	154.72	15000	Vende 3 lotes
201	195.64	154.72	20000	Vende 4 lotes
202	195.64	154.72	25000	Vende 5 lotes
203	195.64	154.72	30000	Vende 6 lotes
204	195.64	168.13	0	Aguarda
205	195.64	168.13	5000	Vende 1 lote
206	195.64	168.13	10000	Vende 2 lotes
207	195.64	168.13	15000	Vende 3 lotes
208	195.64	168.13	20000	Vende 4 lotes
209	195.64	168.13	25000	Vende 5 lotes
210	195.64	168.13	30000	Vende 6 lotes

211	195.64	181.54	0	Aguarda
212	195.64	181.54	5000	Vende 1 lote
213	195.64	181.54	10000	Vende 2 lotes
214	195.64	181.54	15000	Vende 3 lotes
215	195.64	181.54	20000	Vende 4 lotes
216	195.64	181.54	25000	Vende 5 lotes
217	195.64	181.54	30000	Vende 6 lotes
218	195.64	194.95	0	Aguarda
219	195.64	194.95	5000	Vende 1 lote
220	195.64	194.95	10000	Vende 2 lotes
221	195.64	194.95	15000	Vende 3 lotes
222	195.64	194.95	20000	Vende 4 lotes
223	195.64	194.95	25000	Vende 5 lotes
224	195.64	194.95	30000	Vende 6 lotes
225	195.64	208.36	0	Compra 6 lotes
226	195.64	208.36	5000	Vende 1 lote
227	195.64	208.36	10000	Vende 2 lotes
228	195.64	208.36	15000	Vende 3 lotes
229	195.64	208.36	20000	Vende 4 lotes
230	195.64	208.36	25000	Vende 5 lotes
231	195.64	208.36	30000	Vende 6 lotes
232	195.64	221.77	0	Compra 6 lotes
233	195.64	221.77	5000	Compra 5 lotes
234	195.64	221.77	10000	Compra 4 lotes
235	195.64	221.77	15000	Compra 3 lotes
236	195.64	221.77	20000	Compra 2 lotes
237	195.64	221.77	25000	Vende 5 lotes
238	195.64	221.77	30000	Vende 6 lotes
239	195.64	235.18	0	Compra 6 lotes
240	195.64	235.18	5000	Compra 5 lotes
241	195.64	235.18	10000	Compra 4 lotes
242	195.64	235.18	15000	Compra 3 lotes
243	195.64	235.18	20000	Compra 2 lotes
244	195.64	235.18	25000	Vende 5 lotes
245	195.64	235.18	30000	Vende 6 lotes
246	208.58	154.72	0	Aguarda
247	208.58	154.72	5000	Vende 1 lote
248	208.58	154.72	10000	Vende 2 lotes
249	208.58	154.72	15000	Vende 3 lotes
250	208.58	154.72	20000	Vende 4 lotes
251	208.58	154.72	25000	Vende 5 lotes
252	208.58	154.72	30000	Vende 6 lotes
253	208.58	168.13	0	Aguarda
254	208.58	168.13	5000	Vende 1 lote
255	208.58	168.13	10000	Vende 2 lotes
256	208.58	168.13	15000	Vende 3 lotes
257	208.58	168.13	20000	Vende 4 lotes
258	208.58	168.13	25000	Vende 5 lotes
259	208.58	168.13	30000	Vende 6 lotes
260	208.58	181.54	0	Aguarda
261	208.58	181.54	5000	Vende 1 lote
262	208.58	181.54	10000	Vende 2 lotes
263	208.58	181.54	15000	Vende 3 lotes
264	208.58	181.54	20000	Vende 4 lotes
265	208.58	181.54	25000	Vende 5 lotes
266	208.58	181.54	30000	Vende 6 lotes
267	208.58	194.95	0	Aguarda

268	208.58	194.95	5000	Vende 1 lote
269	208.58	194.95	10000	Vende 2 lotes
270	208.58	194.95	15000	Vende 3 lotes
271	208.58	194.95	20000	Vende 4 lotes
272	208.58	194.95	25000	Vende 5 lotes
273	208.58	194.95	30000	Vende 6 lotes
274	208.58	208.36	0	Aguarda
275	208.58	208.36	5000	Vende 1 lote
276	208.58	208.36	10000	Vende 2 lotes
277	208.58	208.36	15000	Vende 3 lotes
278	208.58	208.36	20000	Vende 4 lotes
279	208.58	208.36	25000	Vende 5 lotes
280	208.58	208.36	30000	Vende 6 lotes
281	208.58	221.77	0	Compra 6 lotes
282	208.58	221.77	5000	Compra 5 lotes
283	208.58	221.77	10000	Compra 4 lotes
284	208.58	221.77	15000	Compra 3 lotes
285	208.58	221.77	20000	Vende 4 lotes
286	208.58	221.77	25000	Vende 5 lotes
287	208.58	221.77	30000	Vende 6 lotes
288	208.58	235.18	0	Compra 6 lotes
289	208.58	235.18	5000	Compra 5 lotes
290	208.58	235.18	10000	Compra 4 lotes
291	208.58	235.18	15000	Compra 3 lotes
292	208.58	235.18	20000	Vende 4 lotes
293	208.58	235.18	25000	Vende 5 lotes
294	208.58	235.18	30000	Vende 6 lotes
295	221.52	154.72	0	Aguarda
296	221.52	154.72	5000	Vende 1 lote
297	221.52	154.72	10000	Vende 2 lotes
298	221.52	154.72	15000	Vende 3 lotes
299	221.52	154.72	20000	Vende 4 lotes
300	221.52	154.72	25000	Vende 5 lotes
301	221.52	154.72	30000	Vende 6 lotes
302	221.52	168.13	0	Aguarda
303	221.52	168.13	5000	Vende 1 lote
304	221.52	168.13	10000	Vende 2 lotes
305	221.52	168.13	15000	Vende 3 lotes
306	221.52	168.13	20000	Vende 4 lotes
307	221.52	168.13	25000	Vende 5 lotes
308	221.52	168.13	30000	Vende 6 lotes
309	221.52	181.54	0	Aguarda
310	221.52	181.54	5000	Vende 1 lote
311	221.52	181.54	10000	Vende 2 lotes
312	221.52	181.54	15000	Vende 3 lotes
313	221.52	181.54	20000	Vende 4 lotes
314	221.52	181.54	25000	Vende 5 lotes
315	221.52	181.54	30000	Vende 6 lotes
316	221.52	194.95	0	Aguarda
317	221.52	194.95	5000	Vende 1 lote
318	221.52	194.95	10000	Vende 2 lotes
319	221.52	194.95	15000	Vende 3 lotes
320	221.52	194.95	20000	Vende 4 lotes
321	221.52	194.95	25000	Vende 5 lotes
322	221.52	194.95	30000	Vende 6 lotes
323	221.52	208.36	0	Aguarda
324	221.52	208.36	5000	Vende 1 lote

325	221.52	208.36	10000	Vende 2 lotes
326	221.52	208.36	15000	Vende 3 lotes
327	221.52	208.36	20000	Vende 4 lotes
328	221.52	208.36	25000	Vende 5 lotes
329	221.52	208.36	30000	Vende 6 lotes
330	221.52	221.77	0	Aguarda
331	221.52	221.77	5000	Vende 1 lote
332	221.52	221.77	10000	Vende 2 lotes
333	221.52	221.77	15000	Vende 3 lotes
334	221.52	221.77	20000	Vende 4 lotes
335	221.52	221.77	25000	Vende 5 lotes
336	221.52	221.77	30000	Vende 6 lotes
337	221.52	235.18	0	Compra 6 lotes
338	221.52	235.18	5000	Vende 1 lote
339	221.52	235.18	10000	Vende 2 lotes
340	221.52	235.18	15000	Vende 3 lotes
341	221.52	235.18	20000	Vende 4 lotes
342	221.52	235.18	25000	Vende 5 lotes
343	221.52	235.18	30000	Vende 6 lotes

Ganho medio semanal: US\$ 111745.11

Política ótima para o tempo $t = 22$:

Estado	Compra	Venda	Estoque	Decisao
1	143.88	154.72	0	Compra 6 lotes
2	143.88	154.72	5000	Compra 5 lotes
3	143.88	154.72	10000	Compra 4 lotes
4	143.88	154.72	15000	Compra 3 lotes
5	143.88	154.72	20000	Compra 2 lotes
6	143.88	154.72	25000	Compra 1 lote
7	143.88	154.72	30000	Vende 6 lotes
8	143.88	168.13	0	Compra 6 lotes
9	143.88	168.13	5000	Compra 5 lotes
10	143.88	168.13	10000	Compra 4 lotes
11	143.88	168.13	15000	Vende 3 lotes
12	143.88	168.13	20000	Vende 4 lotes
13	143.88	168.13	25000	Vende 5 lotes
14	143.88	168.13	30000	Vende 6 lotes
15	143.88	181.54	0	Compra 6 lotes
16	143.88	181.54	5000	Compra 5 lotes
17	143.88	181.54	10000	Compra 4 lotes
18	143.88	181.54	15000	Compra 3 lotes
19	143.88	181.54	20000	Vende 4 lotes
20	143.88	181.54	25000	Vende 5 lotes
21	143.88	181.54	30000	Vende 6 lotes
22	143.88	194.95	0	Compra 6 lotes
23	143.88	194.95	5000	Compra 5 lotes
24	143.88	194.95	10000	Compra 4 lotes
25	143.88	194.95	15000	Compra 3 lotes
26	143.88	194.95	20000	Compra 2 lotes

27	143.88	194.95	25000	Vende 5 lotes
28	143.88	194.95	30000	Vende 6 lotes
29	143.88	208.36	0	Compra 6 lotes
30	143.88	208.36	5000	Compra 5 lotes
31	143.88	208.36	10000	Compra 4 lotes
32	143.88	208.36	15000	Compra 3 lotes
33	143.88	208.36	20000	Compra 2 lotes
34	143.88	208.36	25000	Vende 5 lotes
35	143.88	208.36	30000	Vende 6 lotes
36	143.88	221.77	0	Compra 6 lotes
37	143.88	221.77	5000	Compra 5 lotes
38	143.88	221.77	10000	Compra 4 lotes
39	143.88	221.77	15000	Compra 3 lotes
40	143.88	221.77	20000	Compra 2 lotes
41	143.88	221.77	25000	Compra 1 lote
42	143.88	221.77	30000	Vende 6 lotes
43	143.88	235.18	0	Compra 6 lotes
44	143.88	235.18	5000	Compra 5 lotes
45	143.88	235.18	10000	Compra 4 lotes
46	143.88	235.18	15000	Compra 3 lotes
47	143.88	235.18	20000	Compra 2 lotes
48	143.88	235.18	25000	Compra 1 lote
49	143.88	235.18	30000	Vende 6 lotes
50	156.82	154.72	0	Aguarda
51	156.82	154.72	5000	Vende 1 lote
52	156.82	154.72	10000	Vende 2 lotes
53	156.82	154.72	15000	Vende 3 lotes
54	156.82	154.72	20000	Vende 4 lotes
55	156.82	154.72	25000	Vende 5 lotes
56	156.82	154.72	30000	Vende 6 lotes
57	156.82	168.13	0	Aguarda
58	156.82	168.13	5000	Vende 1 lote
59	156.82	168.13	10000	Vende 2 lotes
60	156.82	168.13	15000	Vende 3 lotes
61	156.82	168.13	20000	Vende 4 lotes
62	156.82	168.13	25000	Vende 5 lotes
63	156.82	168.13	30000	Vende 6 lotes
64	156.82	181.54	0	Compra 6 lotes
65	156.82	181.54	5000	Compra 5 lotes
66	156.82	181.54	10000	Compra 4 lotes
67	156.82	181.54	15000	Vende 3 lotes
68	156.82	181.54	20000	Vende 4 lotes
69	156.82	181.54	25000	Vende 5 lotes
70	156.82	181.54	30000	Vende 6 lotes
71	156.82	194.95	0	Compra 6 lotes
72	156.82	194.95	5000	Compra 5 lotes
73	156.82	194.95	10000	Compra 4 lotes
74	156.82	194.95	15000	Compra 3 lotes
75	156.82	194.95	20000	Vende 4 lotes
76	156.82	194.95	25000	Vende 5 lotes
77	156.82	194.95	30000	Vende 6 lotes
78	156.82	208.36	0	Compra 6 lotes
79	156.82	208.36	5000	Compra 5 lotes
80	156.82	208.36	10000	Compra 4 lotes
81	156.82	208.36	15000	Compra 3 lotes
82	156.82	208.36	20000	Compra 2 lotes
83	156.82	208.36	25000	Vende 5 lotes

84	156.82	208.36	30000	Vende 6 lotes
85	156.82	221.77	0	Compra 6 lotes
86	156.82	221.77	5000	Compra 5 lotes
87	156.82	221.77	10000	Compra 4 lotes
88	156.82	221.77	15000	Compra 3 lotes
89	156.82	221.77	20000	Compra 2 lotes
90	156.82	221.77	25000	Vende 5 lotes
91	156.82	221.77	30000	Vende 6 lotes
92	156.82	235.18	0	Compra 6 lotes
93	156.82	235.18	5000	Compra 5 lotes
94	156.82	235.18	10000	Compra 4 lotes
95	156.82	235.18	15000	Compra 3 lotes
96	156.82	235.18	20000	Compra 2 lotes
97	156.82	235.18	25000	Vende 5 lotes
98	156.82	235.18	30000	Vende 6 lotes
99	169.76	154.72	0	Aguarda
100	169.76	154.72	5000	Vende 1 lote
101	169.76	154.72	10000	Vende 2 lotes
102	169.76	154.72	15000	Vende 3 lotes
103	169.76	154.72	20000	Vende 4 lotes
104	169.76	154.72	25000	Vende 5 lotes
105	169.76	154.72	30000	Vende 6 lotes
106	169.76	168.13	0	Aguarda
107	169.76	168.13	5000	Vende 1 lote
108	169.76	168.13	10000	Vende 2 lotes
109	169.76	168.13	15000	Vende 3 lotes
110	169.76	168.13	20000	Vende 4 lotes
111	169.76	168.13	25000	Vende 5 lotes
112	169.76	168.13	30000	Vende 6 lotes
113	169.76	181.54	0	Aguarda
114	169.76	181.54	5000	Vende 1 lote
115	169.76	181.54	10000	Vende 2 lotes
116	169.76	181.54	15000	Vende 3 lotes
117	169.76	181.54	20000	Vende 4 lotes
118	169.76	181.54	25000	Vende 5 lotes
119	169.76	181.54	30000	Vende 6 lotes
120	169.76	194.95	0	Compra 6 lotes
121	169.76	194.95	5000	Compra 5 lotes
122	169.76	194.95	10000	Compra 4 lotes
123	169.76	194.95	15000	Vende 3 lotes
124	169.76	194.95	20000	Vende 4 lotes
125	169.76	194.95	25000	Vende 5 lotes
126	169.76	194.95	30000	Vende 6 lotes
127	169.76	208.36	0	Compra 6 lotes
128	169.76	208.36	5000	Compra 5 lotes
129	169.76	208.36	10000	Compra 4 lotes
130	169.76	208.36	15000	Compra 3 lotes
131	169.76	208.36	20000	Vende 4 lotes
132	169.76	208.36	25000	Vende 5 lotes
133	169.76	208.36	30000	Vende 6 lotes
134	169.76	221.77	0	Compra 6 lotes
135	169.76	221.77	5000	Compra 5 lotes
136	169.76	221.77	10000	Compra 4 lotes
137	169.76	221.77	15000	Compra 3 lotes
138	169.76	221.77	20000	Compra 2 lotes
139	169.76	221.77	25000	Vende 5 lotes
140	169.76	221.77	30000	Vende 6 lotes

141	169.76	235.18	0	Compra 6 lotes
142	169.76	235.18	5000	Compra 5 lotes
143	169.76	235.18	10000	Compra 4 lotes
144	169.76	235.18	15000	Compra 3 lotes
145	169.76	235.18	20000	Compra 2 lotes
146	169.76	235.18	25000	Vende 5 lotes
147	169.76	235.18	30000	Vende 6 lotes
148	182.70	154.72	0	Aguarda
149	182.70	154.72	5000	Vende 1 lote
150	182.70	154.72	10000	Vende 2 lotes
151	182.70	154.72	15000	Vende 3 lotes
152	182.70	154.72	20000	Vende 4 lotes
153	182.70	154.72	25000	Vende 5 lotes
154	182.70	154.72	30000	Vende 6 lotes
155	182.70	168.13	0	Aguarda
156	182.70	168.13	5000	Vende 1 lote
157	182.70	168.13	10000	Vende 2 lotes
158	182.70	168.13	15000	Vende 3 lotes
159	182.70	168.13	20000	Vende 4 lotes
160	182.70	168.13	25000	Vende 5 lotes
161	182.70	168.13	30000	Vende 6 lotes
162	182.70	181.54	0	Aguarda
163	182.70	181.54	5000	Vende 1 lote
164	182.70	181.54	10000	Vende 2 lotes
165	182.70	181.54	15000	Vende 3 lotes
166	182.70	181.54	20000	Vende 4 lotes
167	182.70	181.54	25000	Vende 5 lotes
168	182.70	181.54	30000	Vende 6 lotes
169	182.70	194.95	0	Aguarda
170	182.70	194.95	5000	Vende 1 lote
171	182.70	194.95	10000	Vende 2 lotes
172	182.70	194.95	15000	Vende 3 lotes
173	182.70	194.95	20000	Vende 4 lotes
174	182.70	194.95	25000	Vende 5 lotes
175	182.70	194.95	30000	Vende 6 lotes
176	182.70	208.36	0	Compra 6 lotes
177	182.70	208.36	5000	Compra 5 lotes
178	182.70	208.36	10000	Compra 4 lotes
179	182.70	208.36	15000	Vende 3 lotes
180	182.70	208.36	20000	Vende 4 lotes
181	182.70	208.36	25000	Vende 5 lotes
182	182.70	208.36	30000	Vende 6 lotes
183	182.70	221.77	0	Compra 6 lotes
184	182.70	221.77	5000	Compra 5 lotes
185	182.70	221.77	10000	Compra 4 lotes
186	182.70	221.77	15000	Compra 3 lotes
187	182.70	221.77	20000	Compra 2 lotes
188	182.70	221.77	25000	Vende 5 lotes
189	182.70	221.77	30000	Vende 6 lotes
190	182.70	235.18	0	Compra 6 lotes
191	182.70	235.18	5000	Compra 5 lotes
192	182.70	235.18	10000	Compra 4 lotes
193	182.70	235.18	15000	Compra 3 lotes
194	182.70	235.18	20000	Compra 2 lotes
195	182.70	235.18	25000	Vende 5 lotes
196	182.70	235.18	30000	Vende 6 lotes
197	195.64	154.72	0	Aguarda

198	195.64	154.72	5000	Vende 1 lote
199	195.64	154.72	10000	Vende 2 lotes
200	195.64	154.72	15000	Vende 3 lotes
201	195.64	154.72	20000	Vende 4 lotes
202	195.64	154.72	25000	Vende 5 lotes
203	195.64	154.72	30000	Vende 6 lotes
204	195.64	168.13	0	Aguarda
205	195.64	168.13	5000	Vende 1 lote
206	195.64	168.13	10000	Vende 2 lotes
207	195.64	168.13	15000	Vende 3 lotes
208	195.64	168.13	20000	Vende 4 lotes
209	195.64	168.13	25000	Vende 5 lotes
210	195.64	168.13	30000	Vende 6 lotes
211	195.64	181.54	0	Aguarda
212	195.64	181.54	5000	Vende 1 lote
213	195.64	181.54	10000	Vende 2 lotes
214	195.64	181.54	15000	Vende 3 lotes
215	195.64	181.54	20000	Vende 4 lotes
216	195.64	181.54	25000	Vende 5 lotes
217	195.64	181.54	30000	Vende 6 lotes
218	195.64	194.95	0	Aguarda
219	195.64	194.95	5000	Vende 1 lote
220	195.64	194.95	10000	Vende 2 lotes
221	195.64	194.95	15000	Vende 3 lotes
222	195.64	194.95	20000	Vende 4 lotes
223	195.64	194.95	25000	Vende 5 lotes
224	195.64	194.95	30000	Vende 6 lotes
225	195.64	208.36	0	Aguarda
226	195.64	208.36	5000	Vende 1 lote
227	195.64	208.36	10000	Vende 2 lotes
228	195.64	208.36	15000	Vende 3 lotes
229	195.64	208.36	20000	Vende 4 lotes
230	195.64	208.36	25000	Vende 5 lotes
231	195.64	208.36	30000	Vende 6 lotes
232	195.64	221.77	0	Compra 6 lotes
233	195.64	221.77	5000	Compra 5 lotes
234	195.64	221.77	10000	Compra 4 lotes
235	195.64	221.77	15000	Compra 3 lotes
236	195.64	221.77	20000	Vende 4 lotes
237	195.64	221.77	25000	Vende 5 lotes
238	195.64	221.77	30000	Vende 6 lotes
239	195.64	235.18	0	Compra 6 lotes
240	195.64	235.18	5000	Compra 5 lotes
241	195.64	235.18	10000	Compra 4 lotes
242	195.64	235.18	15000	Compra 3 lotes
243	195.64	235.18	20000	Vende 4 lotes
244	195.64	235.18	25000	Vende 5 lotes
245	195.64	235.18	30000	Vende 6 lotes
246	208.58	154.72	0	Aguarda
247	208.58	154.72	5000	Vende 1 lote
248	208.58	154.72	10000	Vende 2 lotes
249	208.58	154.72	15000	Vende 3 lotes
250	208.58	154.72	20000	Vende 4 lotes
251	208.58	154.72	25000	Vende 5 lotes
252	208.58	154.72	30000	Vende 6 lotes
253	208.58	168.13	0	Aguarda
254	208.58	168.13	5000	Vende 1 lote

255	208.58	168.13	10000	Vende 2 lotes
256	208.58	168.13	15000	Vende 3 lotes
257	208.58	168.13	20000	Vende 4 lotes
258	208.58	168.13	25000	Vende 5 lotes
259	208.58	168.13	30000	Vende 6 lotes
260	208.58	181.54	0	Aguarda
261	208.58	181.54	5000	Vende 1 lote
262	208.58	181.54	10000	Vende 2 lotes
263	208.58	181.54	15000	Vende 3 lotes
264	208.58	181.54	20000	Vende 4 lotes
265	208.58	181.54	25000	Vende 5 lotes
266	208.58	181.54	30000	Vende 6 lotes
267	208.58	194.95	0	Aguarda
268	208.58	194.95	5000	Vende 1 lote
269	208.58	194.95	10000	Vende 2 lotes
270	208.58	194.95	15000	Vende 3 lotes
271	208.58	194.95	20000	Vende 4 lotes
272	208.58	194.95	25000	Vende 5 lotes
273	208.58	194.95	30000	Vende 6 lotes
274	208.58	208.36	0	Aguarda
275	208.58	208.36	5000	Vende 1 lote
276	208.58	208.36	10000	Vende 2 lotes
277	208.58	208.36	15000	Vende 3 lotes
278	208.58	208.36	20000	Vende 4 lotes
279	208.58	208.36	25000	Vende 5 lotes
280	208.58	208.36	30000	Vende 6 lotes
281	208.58	221.77	0	Compra 6 lotes
282	208.58	221.77	5000	Vende 1 lote
283	208.58	221.77	10000	Vende 2 lotes
284	208.58	221.77	15000	Vende 3 lotes
285	208.58	221.77	20000	Vende 4 lotes
286	208.58	221.77	25000	Vende 5 lotes
287	208.58	221.77	30000	Vende 6 lotes
288	208.58	235.18	0	Compra 6 lotes
289	208.58	235.18	5000	Compra 5 lotes
290	208.58	235.18	10000	Compra 4 lotes
291	208.58	235.18	15000	Vende 3 lotes
292	208.58	235.18	20000	Vende 4 lotes
293	208.58	235.18	25000	Vende 5 lotes
294	208.58	235.18	30000	Vende 6 lotes
295	221.52	154.72	0	Aguarda
296	221.52	154.72	5000	Vende 1 lote
297	221.52	154.72	10000	Vende 2 lotes
298	221.52	154.72	15000	Vende 3 lotes
299	221.52	154.72	20000	Vende 4 lotes
300	221.52	154.72	25000	Vende 5 lotes
301	221.52	154.72	30000	Vende 6 lotes
302	221.52	168.13	0	Aguarda
303	221.52	168.13	5000	Vende 1 lote
304	221.52	168.13	10000	Vende 2 lotes
305	221.52	168.13	15000	Vende 3 lotes
306	221.52	168.13	20000	Vende 4 lotes
307	221.52	168.13	25000	Vende 5 lotes
308	221.52	168.13	30000	Vende 6 lotes
309	221.52	181.54	0	Aguarda
310	221.52	181.54	5000	Vende 1 lote
311	221.52	181.54	10000	Vende 2 lotes

312	221.52	181.54	15000	Vende 3 lotes
313	221.52	181.54	20000	Vende 4 lotes
314	221.52	181.54	25000	Vende 5 lotes
315	221.52	181.54	30000	Vende 6 lotes
316	221.52	194.95	0	Aguarda
317	221.52	194.95	5000	Vende 1 lote
318	221.52	194.95	10000	Vende 2 lotes
319	221.52	194.95	15000	Vende 3 lotes
320	221.52	194.95	20000	Vende 4 lotes
321	221.52	194.95	25000	Vende 5 lotes
322	221.52	194.95	30000	Vende 6 lotes
323	221.52	208.36	0	Aguarda
324	221.52	208.36	5000	Vende 1 lote
325	221.52	208.36	10000	Vende 2 lotes
326	221.52	208.36	15000	Vende 3 lotes
327	221.52	208.36	20000	Vende 4 lotes
328	221.52	208.36	25000	Vende 5 lotes
329	221.52	208.36	30000	Vende 6 lotes
330	221.52	221.77	0	Aguarda
331	221.52	221.77	5000	Vende 1 lote
332	221.52	221.77	10000	Vende 2 lotes
333	221.52	221.77	15000	Vende 3 lotes
334	221.52	221.77	20000	Vende 4 lotes
335	221.52	221.77	25000	Vende 5 lotes
336	221.52	221.77	30000	Vende 6 lotes
337	221.52	235.18	0	Compra 5 lotes
338	221.52	235.18	5000	Vende 1 lote
339	221.52	235.18	10000	Vende 2 lotes
340	221.52	235.18	15000	Vende 3 lotes
341	221.52	235.18	20000	Vende 4 lotes
342	221.52	235.18	25000	Vende 5 lotes
343	221.52	235.18	30000	Vende 6 lotes

Ganho medio semanal: US\$ 11898.67

Política ótima para o tempo $t = 23$:

Estado	Compra	Venda	Estoque	Decisao
1	143.88	154.72	0	Compra 6 lotes
2	143.88	154.72	5000	Compra 5 lotes
3	143.88	154.72	10000	Compra 4 lotes
4	143.88	154.72	15000	Compra 3 lotes
5	143.88	154.72	20000	Compra 2 lotes
6	143.88	154.72	25000	Compra 1 lote
7	143.88	154.72	30000	Vende 6 lotes
8	143.88	168.13	0	Compra 6 lotes
9	143.88	168.13	5000	Compra 5 lotes
10	143.88	168.13	10000	Compra 4 lotes
11	143.88	168.13	15000	Vende 3 lotes
12	143.88	168.13	20000	Vende 4 lotes
13	143.88	168.13	25000	Vende 5 lotes
14	143.88	168.13	30000	Vende 6 lotes

15	143.88	181.54	0	Compra 6 lotes
16	143.88	181.54	5000	Compra 5 lotes
17	143.88	181.54	10000	Compra 4 lotes
18	143.88	181.54	15000	Compra 3 lotes
19	143.88	181.54	20000	Vende 4 lotes
20	143.88	181.54	25000	Vende 5 lotes
21	143.88	181.54	30000	Vende 6 lotes
22	143.88	194.95	0	Compra 6 lotes
23	143.88	194.95	5000	Compra 5 lotes
24	143.88	194.95	10000	Compra 4 lotes
25	143.88	194.95	15000	Compra 3 lotes
26	143.88	194.95	20000	Compra 2 lotes
27	143.88	194.95	25000	Vende 5 lotes
28	143.88	194.95	30000	Vende 6 lotes
29	143.88	208.36	0	Compra 6 lotes
30	143.88	208.36	5000	Compra 5 lotes
31	143.88	208.36	10000	Compra 4 lotes
32	143.88	208.36	15000	Compra 3 lotes
33	143.88	208.36	20000	Compra 2 lotes
34	143.88	208.36	25000	Vende 5 lotes
35	143.88	208.36	30000	Vende 6 lotes
36	143.88	221.77	0	Compra 6 lotes
37	143.88	221.77	5000	Compra 5 lotes
38	143.88	221.77	10000	Compra 4 lotes
39	143.88	221.77	15000	Compra 3 lotes
40	143.88	221.77	20000	Compra 2 lotes
41	143.88	221.77	25000	Vende 5 lotes
42	143.88	221.77	30000	Vende 6 lotes
43	143.88	235.18	0	Compra 6 lotes
44	143.88	235.18	5000	Compra 5 lotes
45	143.88	235.18	10000	Compra 4 lotes
46	143.88	235.18	15000	Compra 3 lotes
47	143.88	235.18	20000	Compra 2 lotes
48	143.88	235.18	25000	Compra 1 lote
49	143.88	235.18	30000	Vende 6 lotes
50	156.82	154.72	0	Aguarda
51	156.82	154.72	5000	Vende 1 lote
52	156.82	154.72	10000	Vende 2 lotes
53	156.82	154.72	15000	Vende 3 lotes
54	156.82	154.72	20000	Vende 4 lotes
55	156.82	154.72	25000	Vende 5 lotes
56	156.82	154.72	30000	Vende 6 lotes
57	156.82	168.13	0	Aguarda
58	156.82	168.13	5000	Vende 1 lote
59	156.82	168.13	10000	Vende 2 lotes
60	156.82	168.13	15000	Vende 3 lotes
61	156.82	168.13	20000	Vende 4 lotes
62	156.82	168.13	25000	Vende 5 lotes
63	156.82	168.13	30000	Vende 6 lotes
64	156.82	181.54	0	Compra 6 lotes
65	156.82	181.54	5000	Compra 5 lotes
66	156.82	181.54	10000	Compra 4 lotes
67	156.82	181.54	15000	Vende 3 lotes
68	156.82	181.54	20000	Vende 4 lotes
69	156.82	181.54	25000	Vende 5 lotes
70	156.82	181.54	30000	Vende 6 lotes
71	156.82	194.95	0	Compra 6 lotes

72	156.82	194.95	5000	Compra 5 lotes
73	156.82	194.95	10000	Compra 4 lotes
74	156.82	194.95	15000	Compra 3 lotes
75	156.82	194.95	20000	Vende 4 lotes
76	156.82	194.95	25000	Vende 5 lotes
77	156.82	194.95	30000	Vende 6 lotes
78	156.82	208.36	0	Compra 6 lotes
79	156.82	208.36	5000	Compra 5 lotes
80	156.82	208.36	10000	Compra 4 lotes
81	156.82	208.36	15000	Compra 3 lotes
82	156.82	208.36	20000	Compra 2 lotes
83	156.82	208.36	25000	Vende 5 lotes
84	156.82	208.36	30000	Vende 6 lotes
85	156.82	221.77	0	Compra 6 lotes
86	156.82	221.77	5000	Compra 5 lotes
87	156.82	221.77	10000	Compra 4 lotes
88	156.82	221.77	15000	Compra 3 lotes
89	156.82	221.77	20000	Compra 2 lotes
90	156.82	221.77	25000	Vende 5 lotes
91	156.82	221.77	30000	Vende 6 lotes
92	156.82	235.18	0	Compra 6 lotes
93	156.82	235.18	5000	Compra 5 lotes
94	156.82	235.18	10000	Compra 4 lotes
95	156.82	235.18	15000	Compra 3 lotes
96	156.82	235.18	20000	Compra 2 lotes
97	156.82	235.18	25000	Vende 5 lotes
98	156.82	235.18	30000	Vende 6 lotes
99	169.76	154.72	0	Aguarda
100	169.76	154.72	5000	Vende 1 lote
101	169.76	154.72	10000	Vende 2 lotes
102	169.76	154.72	15000	Vende 3 lotes
103	169.76	154.72	20000	Vende 4 lotes
104	169.76	154.72	25000	Vende 5 lotes
105	169.76	154.72	30000	Vende 6 lotes
106	169.76	168.13	0	Aguarda
107	169.76	168.13	5000	Vende 1 lote
108	169.76	168.13	10000	Vende 2 lotes
109	169.76	168.13	15000	Vende 3 lotes
110	169.76	168.13	20000	Vende 4 lotes
111	169.76	168.13	25000	Vende 5 lotes
112	169.76	168.13	30000	Vende 6 lotes
113	169.76	181.54	0	Aguarda
114	169.76	181.54	5000	Vende 1 lote
115	169.76	181.54	10000	Vende 2 lotes
116	169.76	181.54	15000	Vende 3 lotes
117	169.76	181.54	20000	Vende 4 lotes
118	169.76	181.54	25000	Vende 5 lotes
119	169.76	181.54	30000	Vende 6 lotes
120	169.76	194.95	0	Compra 6 lotes
121	169.76	194.95	5000	Compra 5 lotes
122	169.76	194.95	10000	Compra 4 lotes
123	169.76	194.95	15000	Vende 3 lotes
124	169.76	194.95	20000	Vende 4 lotes
125	169.76	194.95	25000	Vende 5 lotes
126	169.76	194.95	30000	Vende 6 lotes
127	169.76	208.36	0	Compra 6 lotes
128	169.76	208.36	5000	Compra 5 lotes

129	169.76	208.36	10000	Compra 4 lotes
130	169.76	208.36	15000	Compra 3 lotes
131	169.76	208.36	20000	Vende 4 lotes
132	169.76	208.36	25000	Vende 5 lotes
133	169.76	208.36	30000	Vende 6 lotes
134	169.76	221.77	0	Compra 6 lotes
135	169.76	221.77	5000	Compra 5 lotes
136	169.76	221.77	10000	Compra 4 lotes
137	169.76	221.77	15000	Compra 3 lotes
138	169.76	221.77	20000	Compra 2 lotes
139	169.76	221.77	25000	Vende 5 lotes
140	169.76	221.77	30000	Vende 6 lotes
141	169.76	235.18	0	Compra 6 lotes
142	169.76	235.18	5000	Compra 5 lotes
143	169.76	235.18	10000	Compra 4 lotes
144	169.76	235.18	15000	Compra 3 lotes
145	169.76	235.18	20000	Compra 2 lotes
146	169.76	235.18	25000	Vende 5 lotes
147	169.76	235.18	30000	Vende 6 lotes
148	182.70	154.72	0	Aguarda
149	182.70	154.72	5000	Vende 1 lote
150	182.70	154.72	10000	Vende 2 lotes
151	182.70	154.72	15000	Vende 3 lotes
152	182.70	154.72	20000	Vende 4 lotes
153	182.70	154.72	25000	Vende 5 lotes
154	182.70	154.72	30000	Vende 6 lotes
155	182.70	168.13	0	Aguarda
156	182.70	168.13	5000	Vende 1 lote
157	182.70	168.13	10000	Vende 2 lotes
158	182.70	168.13	15000	Vende 3 lotes
159	182.70	168.13	20000	Vende 4 lotes
160	182.70	168.13	25000	Vende 5 lotes
161	182.70	168.13	30000	Vende 6 lotes
162	182.70	181.54	0	Aguarda
163	182.70	181.54	5000	Vende 1 lote
164	182.70	181.54	10000	Vende 2 lotes
165	182.70	181.54	15000	Vende 3 lotes
166	182.70	181.54	20000	Vende 4 lotes
167	182.70	181.54	25000	Vende 5 lotes
168	182.70	181.54	30000	Vende 6 lotes
169	182.70	194.95	0	Aguarda
170	182.70	194.95	5000	Vende 1 lote
171	182.70	194.95	10000	Vende 2 lotes
172	182.70	194.95	15000	Vende 3 lotes
173	182.70	194.95	20000	Vende 4 lotes
174	182.70	194.95	25000	Vende 5 lotes
175	182.70	194.95	30000	Vende 6 lotes
176	182.70	208.36	0	Compra 6 lotes
177	182.70	208.36	5000	Compra 5 lotes
178	182.70	208.36	10000	Compra 4 lotes
179	182.70	208.36	15000	Vende 3 lotes
180	182.70	208.36	20000	Vende 4 lotes
181	182.70	208.36	25000	Vende 5 lotes
182	182.70	208.36	30000	Vende 6 lotes
183	182.70	221.77	0	Compra 6 lotes
184	182.70	221.77	5000	Compra 5 lotes
185	182.70	221.77	10000	Compra 4 lotes

186	182.70	221.77	15000	Compra 3 lotes
187	182.70	221.77	20000	Vende 4 lotes
188	182.70	221.77	25000	Vende 5 lotes
189	182.70	221.77	30000	Vende 6 lotes
190	182.70	235.18	0	Compra 6 lotes
191	182.70	235.18	5000	Compra 5 lotes
192	182.70	235.18	10000	Compra 4 lotes
193	182.70	235.18	15000	Compra 3 lotes
194	182.70	235.18	20000	Compra 2 lotes
195	182.70	235.18	25000	Vende 5 lotes
196	182.70	235.18	30000	Vende 6 lotes
197	195.64	154.72	0	Aguarda
198	195.64	154.72	5000	Vende 1 lote
199	195.64	154.72	10000	Vende 2 lotes
200	195.64	154.72	15000	Vende 3 lotes
201	195.64	154.72	20000	Vende 4 lotes
202	195.64	154.72	25000	Vende 5 lotes
203	195.64	154.72	30000	Vende 6 lotes
204	195.64	168.13	0	Aguarda
205	195.64	168.13	5000	Vende 1 lote
206	195.64	168.13	10000	Vende 2 lotes
207	195.64	168.13	15000	Vende 3 lotes
208	195.64	168.13	20000	Vende 4 lotes
209	195.64	168.13	25000	Vende 5 lotes
210	195.64	168.13	30000	Vende 6 lotes
211	195.64	181.54	0	Aguarda
212	195.64	181.54	5000	Vende 1 lote
213	195.64	181.54	10000	Vende 2 lotes
214	195.64	181.54	15000	Vende 3 lotes
215	195.64	181.54	20000	Vende 4 lotes
216	195.64	181.54	25000	Vende 5 lotes
217	195.64	181.54	30000	Vende 6 lotes
218	195.64	194.95	0	Aguarda
219	195.64	194.95	5000	Vende 1 lote
220	195.64	194.95	10000	Vende 2 lotes
221	195.64	194.95	15000	Vende 3 lotes
222	195.64	194.95	20000	Vende 4 lotes
223	195.64	194.95	25000	Vende 5 lotes
224	195.64	194.95	30000	Vende 6 lotes
225	195.64	208.36	0	Aguarda
226	195.64	208.36	5000	Vende 1 lote
227	195.64	208.36	10000	Vende 2 lotes
228	195.64	208.36	15000	Vende 3 lotes
229	195.64	208.36	20000	Vende 4 lotes
230	195.64	208.36	25000	Vende 5 lotes
231	195.64	208.36	30000	Vende 6 lotes
232	195.64	221.77	0	Compra 6 lotes
233	195.64	221.77	5000	Compra 5 lotes
234	195.64	221.77	10000	Compra 4 lotes
235	195.64	221.77	15000	Vende 3 lotes
236	195.64	221.77	20000	Vende 4 lotes
237	195.64	221.77	25000	Vende 5 lotes
238	195.64	221.77	30000	Vende 6 lotes
239	195.64	235.18	0	Compra 6 lotes
240	195.64	235.18	5000	Compra 5 lotes
241	195.64	235.18	10000	Compra 4 lotes
242	195.64	235.18	15000	Compra 3 lotes

243	195.64	235.18	20000	Vende 4 lotes
244	195.64	235.18	25000	Vende 5 lotes
245	195.64	235.18	30000	Vende 6 lotes
246	208.58	154.72	0	Aguarda
247	208.58	154.72	5000	Vende 1 lote
248	208.58	154.72	10000	Vende 2 lotes
249	208.58	154.72	15000	Vende 3 lotes
250	208.58	154.72	20000	Vende 4 lotes
251	208.58	154.72	25000	Vende 5 lotes
252	208.58	154.72	30000	Vende 6 lotes
253	208.58	168.13	0	Aguarda
254	208.58	168.13	5000	Vende 1 lote
255	208.58	168.13	10000	Vende 2 lotes
256	208.58	168.13	15000	Vende 3 lotes
257	208.58	168.13	20000	Vende 4 lotes
258	208.58	168.13	25000	Vende 5 lotes
259	208.58	168.13	30000	Vende 6 lotes
260	208.58	181.54	0	Aguarda
261	208.58	181.54	5000	Vende 1 lote
262	208.58	181.54	10000	Vende 2 lotes
263	208.58	181.54	15000	Vende 3 lotes
264	208.58	181.54	20000	Vende 4 lotes
265	208.58	181.54	25000	Vende 5 lotes
266	208.58	181.54	30000	Vende 6 lotes
267	208.58	194.95	0	Aguarda
268	208.58	194.95	5000	Vende 1 lote
269	208.58	194.95	10000	Vende 2 lotes
270	208.58	194.95	15000	Vende 3 lotes
271	208.58	194.95	20000	Vende 4 lotes
272	208.58	194.95	25000	Vende 5 lotes
273	208.58	194.95	30000	Vende 6 lotes
274	208.58	208.36	0	Aguarda
275	208.58	208.36	5000	Vende 1 lote
276	208.58	208.36	10000	Vende 2 lotes
277	208.58	208.36	15000	Vende 3 lotes
278	208.58	208.36	20000	Vende 4 lotes
279	208.58	208.36	25000	Vende 5 lotes
280	208.58	208.36	30000	Vende 6 lotes
281	208.58	221.77	0	Aguarda
282	208.58	221.77	5000	Vende 1 lote
283	208.58	221.77	10000	Vende 2 lotes
284	208.58	221.77	15000	Vende 3 lotes
285	208.58	221.77	20000	Vende 4 lotes
286	208.58	221.77	25000	Vende 5 lotes
287	208.58	221.77	30000	Vende 6 lotes
288	208.58	235.18	0	Compra 6 lotes
289	208.58	235.18	5000	Compra 5 lotes
290	208.58	235.18	10000	Compra 4 lotes
291	208.58	235.18	15000	Vende 3 lotes
292	208.58	235.18	20000	Vende 4 lotes
293	208.58	235.18	25000	Vende 5 lotes
294	208.58	235.18	30000	Vende 6 lotes
295	221.52	154.72	0	Aguarda
296	221.52	154.72	5000	Vende 1 lote
297	221.52	154.72	10000	Vende 2 lotes
298	221.52	154.72	15000	Vende 3 lotes
299	221.52	154.72	20000	Vende 4 lotes

300	221.52	154.72	25000	Vende 5 lotes
301	221.52	154.72	30000	Vende 6 lotes
302	221.52	168.13	0	Aguarda
303	221.52	168.13	5000	Vende 1 lote
304	221.52	168.13	10000	Vende 2 lotes
305	221.52	168.13	15000	Vende 3 lotes
306	221.52	168.13	20000	Vende 4 lotes
307	221.52	168.13	25000	Vende 5 lotes
308	221.52	168.13	30000	Vende 6 lotes
309	221.52	181.54	0	Aguarda
310	221.52	181.54	5000	Vende 1 lote
311	221.52	181.54	10000	Vende 2 lotes
312	221.52	181.54	15000	Vende 3 lotes
313	221.52	181.54	20000	Vende 4 lotes
314	221.52	181.54	25000	Vende 5 lotes
315	221.52	181.54	30000	Vende 6 lotes
316	221.52	194.95	0	Aguarda
317	221.52	194.95	5000	Vende 1 lote
318	221.52	194.95	10000	Vende 2 lotes
319	221.52	194.95	15000	Vende 3 lotes
320	221.52	194.95	20000	Vende 4 lotes
321	221.52	194.95	25000	Vende 5 lotes
322	221.52	194.95	30000	Vende 6 lotes
323	221.52	208.36	0	Aguarda
324	221.52	208.36	5000	Vende 1 lote
325	221.52	208.36	10000	Vende 2 lotes
326	221.52	208.36	15000	Vende 3 lotes
327	221.52	208.36	20000	Vende 4 lotes
328	221.52	208.36	25000	Vende 5 lotes
329	221.52	208.36	30000	Vende 6 lotes
330	221.52	221.77	0	Aguarda
331	221.52	221.77	5000	Vende 1 lote
332	221.52	221.77	10000	Vende 2 lotes
333	221.52	221.77	15000	Vende 3 lotes
334	221.52	221.77	20000	Vende 4 lotes
335	221.52	221.77	25000	Vende 5 lotes
336	221.52	221.77	30000	Vende 6 lotes
337	221.52	235.18	0	Compra 6 lotes
338	221.52	235.18	5000	Vende 1 lote
339	221.52	235.18	10000	Vende 2 lotes
340	221.52	235.18	15000	Vende 3 lotes
341	221.52	235.18	20000	Vende 4 lotes
342	221.52	235.18	25000	Vende 5 lotes
343	221.52	235.18	30000	Vende 6 lotes

Ganho medio semanal: US\$ 121.67

ANEXO C

PROCESSO DE SIMULAÇÃO - RESULTADOS DE UMA REPLICAÇÃO
RESULTADOS ESPERADOS

PROCESSO OTIMIZADO - COOPERATIVA A

Número de replicações: 3000

Resultados para a replicação de número 1500:

Semana	Decisão	Caixa (US\$)	Estoque (t)
1	7	-4316400.00	30000
2	13	325200.00	0
3	7	-3991200.00	30000
4	13	1052700.00	0
5	7	-3263700.00	30000
6	13	1780200.00	0
7	7	-2536200.00	30000
8	13	2507700.00	0
9	7	-1808700.00	30000
10	13	3235200.00	0
11	7	-1081200.00	30000
12	13	3962700.00	0
13	7	-353700.00	30000
14	13	4690200.00	0
15	7	373800.00	30000
16	13	5820000.00	0

17	7	503600.00	30000
18	13	7352100.00	0
19	7	3035700.00	30000
Semana	Decisão	Caixa (US\$)	Estoque (t)

20	13	9286500.00	0
21	7	4970100.00	30000
22	13	10818600.00	0
23	7	6502200.00	30000
24	13	12753000.00	0
25	7	8436600.00	30000
26	13	14687400.00	0
27	7	10371000.00	30000

Resultados para a amostra considerada:

Lucro líquido esperado: US\$ 7.925.012,00 ----- Desvio Padrão: US\$ 4.779.461,30

Capital de giro esperado: US\$ 4.334.240,30 ----- Desvio Padrão: US\$ 120.260,69

PROCESSO NÃO OTIMIZADO - COOPERATIVA B

Número de replicações: 3000

Resultados para a replicação de número 1500:

Semana	Decisão	Caixa (US\$)	Estoque (t)
1	5	-2877600.00	20000
2	8	-2104000.00	15000
3	2	-2823400.00	20000
4	8	-2049800.00	15000
5	2	-2769200.00	20000
6	8	-1995600.00	15000
7	2	-2779700.00	20000
8	8	-2006100.00	15000
9	2	-2725500.00	20000
10	8	-1884850.00	15000
11	1	-1884850.00	15000
12	1	-1884850.00	15000
13	1	-1884850.00	15000
14	8	-1044200.00	10000
15	2	-1763600.00	15000
16	8	-922950.00	10000
17	2	-1642350.00	15000

18	8	-801700.00	10000
19	2	-1521100.00	15000
Semana	Decisão	Caixa (US\$)	Estoque (t)

20	8	-747500.00	10000
21	2	-1466900.00	15000
22	4	-3625100.00	30000
23	1	-3625100.00	30000
24	1	-3625100.00	30000
25	1	-3625100.00	30000
26	1	-3625100.00	30000
27	13	2223400.00	0

Resultados para a amostra considerada:

Lucro líquido esperado: US\$ 2.173.780,77 ----- Desvio Padrão: US\$ 2.494.477,47

Capital de giro esperado: US\$ 3.464.276,22 ----- Desvio Padrão: US\$ 415.735,52

PROCESSO NÃO OTIMIZADO - COOPERATIVA C

Número de replicações: 3000

Resultados para a replicação de número 1500:

semana	capital	caixa	estoque (US\$)	estoque (t)
1	6166286.00	1849885.80	4316400.20	30000.00
2	6893786.03	2068135.81	4825650.22	28701.90
3	6893786.03	2068135.81	4825650.22	28701.90
4	6893786.03	2068135.81	4825650.22	28701.90
5	6893786.03	2068135.81	4825650.22	28701.90
6	6893786.03	2068135.81	4825650.22	28701.90
7	6893786.03	2068135.81	4825650.22	28701.90
8	6893786.03	2068135.81	4825650.22	28701.90
9	7278678.49	2183603.55	5095074.95	28065.85
10	6902315.41	2070694.62	4831620.78	28737.41
11	7287684.08	2186305.22	5101378.85	28100.58
12	7287684.08	2186305.22	5101378.85	28100.58
13	7287684.08	2186305.22	5101378.85	28100.58
14	7664512.82	2299353.85	5365158.98	27520.69
15	7664512.82	2299353.85	5365158.98	27520.69
16	8033565.31	2410069.59	5623495.72	26989.32
17	8395492.15	2518647.65	5876844.51	26499.73
18	8750853.50	2625256.05	6125597.45	26046.42

semana	capital	caixa	estoque (US\$)	estoque (t)
19	8401570.98	2520471.29	5881099.69	26518.91
20	8757189.63	2627156.89	6130032.74	26065.28
21	8757189.63	2627156.89	6130032.74	26065.28
22	8757189.63	2627156.89	6130032.74	26065.28
23	8757189.63	2627156.89	6130032.74	26065.28
24	8757189.63	2627156.89	6130032.74	26065.28
25	8757189.63	2627156.89	6130032.74	26065.28
26	8757189.63	2627156.89	6130032.74	26065.28
27	8757189.63	2627156.89	6130032.74	26065.28

Lucro apurado na semana 27: US\$ 2590903.63

Resultados para a amostra considerada:

Lucro líquido esperado: US\$ 1.176.613,04 ----- Desvio Padrão: US\$ 656.987,10

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). **Informações técnicas**. São Paulo, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). **Estatística de esmagamento de soja**. São Paulo, 1996.

AGROANALYSIS. **Soja - Cotações continuam elevadas**. Rio de Janeiro: FGV, v.16, n.9, p.20-31, Setembro-1996.

_____ . _____ . **Boas perspectivas de comercialização**. Rio de Janeiro: FGV, v.17, n. 2, p.20-21, Fevereiro-1997.

AGUIAR, D.R.D., MARQUES, P.V. **Comercialização de Produtos Agrícolas**. Edusp, São Paulo, 1993.

BARROS, G.S.A. **Economia da comercialização agrícola**. FEALQ, Piracicaba, 1987.

BELLMAN, R.E; DREYFUS, S.E. **Applied Dynamic Programming**. Princenton University Press, New Jersey, 1962.

BERNSTEIN, W.J. **The Rebalancing Bonus: Theory and Practice**. wbern@mail.coos. or.us. USA, 1996.

BERTRAND, J.P, LAURENT, C. LECLERQ, V. **O mundo da Soja**. Edusp, São Paulo, 1987.

BINFARÉ NETO, J.; NOVAES, A.G. **Implantação de armazéns coletores de grãos numa micro-região produtora sob restrição orçamentária**. Anais do IX ANPET, São Carlos, Novembro de 1995.

BOLSA MERCANTIL E FUTUROS (BM&F). **Entendendo os Mercados Futuros**. Rio de Janeiro, 1981.

BRONSON, R. **Pesquisa Operacional**. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1985.

BROWN, R.G. **Smoothing, forecasting and predictions of discrete time series**. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1963.

BRUM, A. L. **A comercialização de Grãos - O caso da Soja**. FIDENE, Ijuí, 1983.

BRUM, A. L. **O Brasil na história da economia mundial da soja**. UNIJUÍ, Departamento de Economia e Contabilidade. Ijuí, 1993.

BURSTEIN, M.C.; NEVISON, C.H.; CARLSON, R.C. **Dynamic lot-sizing when demand timing is uncertain**. *Opns. Res.*, v.32, n.2, p.363-379, 1984.

BVRJ (Bolsa de valores do Rio de Janeiro). **Mercado futuro sem mistério**. Rio de Janeiro, 1981.

CLARK, A.B.; DISNEY, R.L. **Probability and Random Processes for Engineers and Scientists**. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1970.

COMISSÃO NACIONAL DA BOLSA DE VALORES (CNBV). **Introdução ao Mercado de Ações**. Rio de Janeiro, 1986.

COMISSÃO DE AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Soja**. 1º Simpósio Nacional da Soja. Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p.171-180, Agosto de 1975.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Estatísticas - Sistema de Recuperações de Séries Mensais 1975/92**. Divisão de Informações Agropecuárias, Brasília.

DIÁRIO CATARINENSE. **Os grãos em SC - preço da soja pode cair**. Edição de 6/7/97, p.4, Florianópolis.

EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES (GEIPOT). **Corredores de Transporte - Medidas de Curto Prazo**. Ministério dos Transportes. Brasília, Março de 1994.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (EMATER-RS). **Preços semanais ao produtor para soja em grão - 1992/1996**. Porto Alegre.

FILHO, A.M. **Mercado Financeiro de Capitais**. Editora Atlas, São Paulo, 1994.

FONSECA A. P. **O Transporte na Competitividade das Exportações Agrícolas: Visão Sistêmica na Análise Logística**. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, Abril, 1997.

FUNDAÇÃO CARGILL. **A Soja no Brasil Central**. 2ª edição, Campinas, São Paulo, 1982.

GOLABI, K. **Optimal inventory policies when ordering prices are random**. *Opns. Res.*, v.33, n. 3, p.575-588, 1985.

HASTINGS, N.A.J. **Dynamic Programming - with Management applications**. Butherworth & Co. Ltd., London, 1973.

HERNITER, J.D.; MAGEE, J.F. **Customer behavior as a Markov processes**. *Opns. Research*, v.9, n.1, p.105-122, 1961.

HILDEBRAND, F.B. **Methods of Applied Mathematics**. Prentice - Hall, Englewood Cliffs, USA, 1961.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.S.; **Operations Research**. Holden-Day, Inc. Califórnia, 1974.

HOWARD, R. **Dynamic Probabilistics Systems. Vol. I: Markov models**. John Wiley & Sons, Inc. N.Y. 1971.

HOWARD, R. **Dynamic Probabilistics Systems. Vol. II: Semi-Markov and decision models**. John Wiley & Sons, Inc. N.Y., 1971.

HOWARD, R. **Dynamic Programming and Markov Processes**. M.I.T. Press. Massachusetts, 1960.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA-SC (ICEPA-SC). **Preços da soja em grão**. Florianópolis, 1997.

JONES, C.P. **Investments: Analysis and Management**. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1988.

KALYMON, B.A. **Stochastic prices in a single-item inventory purchasing model**. *Opns. Res.*, v.19, n.6, p.1434-1458, 1971.

KARMAKAR, U.S. **The multiperiod multilocation inventory problem**. *Opns. Res.*, v.29, n.2, p.215-228, 1981.

KINGSMAN, B.G. **Commodity purchasing**. *Opl. Res. Q.*, v.20, n.1, p.59-79, 1969.

LANZENAUER, H. **Optimal claim decisions by policyholders in automobile insurance with merit rating structures**. *Opns. Res.*, v.22, n.5, p.979-990, 1974.

LEFEVRE, C. **Optimal control of a birth and death epidemic processes**. Opns. Res., v.29, n.5, p.971-982. 1981.

LIEBHARDT, M.E. **O Sistema Cooperativo Agrícola Brasileiro: Comercialização, Integração Vertical e Crédito**. Coleção Análise e Pesquisa, v.23, Secretaria do Planejamento, Ministério da Agricultura. Brasília, 1980.

LIPSCHUTZ, S. **Probabilidade**. Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda. São Paulo, 1974.

LITTLE, J.D.C. **The use of storage in hydroelectric systems**. Opns.Res., v.3, n.6, p.187-197, 1955.

LOPEZ-TOLEDO, A.A. **A controlled Markov chain model for nursing homes**. Simulation, n.27, 161-169.

LOVE, C.E.; BLAZENKO, G.; RODGER, A. **Repair limit policies for vehicle replacement**. Informs, v.120, n.2, p.226-286, 1982.

MENDELSSOHN, R. **Optimal harvesting strategies for stochastic single species, multi-stage class models**. Mathe. Biosci. v.41, n.8, p.159-174, 1978.

MENDES, J.T.G.; LARSON, D.W. **Análise econômica de estratégias de comercialização da soja sob condições de risco**. Revista de Economia Rural, v.20, n.2, p.175-192, Brasília, 1982.

NAGATA, T. **Agro-genecological approaches to the variety differentiations in soybeans, Glycine max (L.) Merrill**. Tropical Agricultural Research Center. Tokio, 1972.

NOGAMI, O; PASSOS, C.R.M. **Fundamentos de Economia** Terra Editora, São Paulo, 1994.

NORMAN, J.M.; WHITE, D.J. **Control of cash reserves**. Opl. Res. Q., v.16, p.309-328, 1965.

NOVAES, A.G. **Processo para otimização de testes seqüenciais de hipóteses simples**. Revista Brasileira de Tecnologia, v.1, n.2, p.57-66. Ed. Edgard Blücher Ltda., SP, 1970.

PINO, F. A.; ROCHA, M.B. **Transmissão de preços de soja no Brasil**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.32, n.4, p.345-361, Brasília 1994.

PREÇOS AGRÍCOLAS. **Evolução dos preços**. São Paulo: USP/ESALQ, Ano XI, n.125, p.43, Março de 1997.

RAMALHO, E.W.R. **Metodologia para Otimização de Lucros de Empresas de Catálogos**. Tese de Doutorado, USP, São Paulo, 1993.

ROSENTHAL, R.E.; WHITE, J.A.; YOUNG, D. **Stochastic dynamic location analysis**. Mgmt. Sci., v.24, n.6, p. 645-643, 1978.

SAFRAS&MERCADO. **Soja**. Porto Alegre: SAFRAS, Ano XX, n. 922, 28/10/96.

_____. Porto Alegre: SAFRAS, Ano XX, n. 916, 16/9/96.

_____. Porto Alegre: SAFRAS, Ano XX, n. 920, 14/10/96.

_____. Porto Alegre: SAFRAS, Ano XX, n. 921, 21/10/96.

SHAMBLIN, J.E.; STEVENS JR., G.T. **Pesquisa Operacional - Uma Abordagem Básica**. Editora Atlas S.A. São Paulo, 1989.

SOBEL, M.J. **Making short-run changes in production when the employment level is fixed**. Opns. Res., v.18, n.1, p.35-51, 1970.

SOONG, T.T. **Probabilistic Modeling and Analysis in Science and Engineering**. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1986.

SOUSA, E.L.L.; MARQUES, P.V. **Decisão entre vender e armazenar: um exemplo do milho na região de Uberaba, Minas Gerais, safra 1992/93**. Informações Econômicas, v.25, n.1, p.75-83, Instituto de Economia Agrícola, São Paulo, 1995.

STEINBRUCH, A.; WINTERLE, P. **Álgebra Linear**. Editora McGraw-Hill, Ltda. São Paulo, 1987.

STEVENSON, W.J. **Estatística Aplicada à Administração**. Editora Harper & Row, São Paulo, 1981.

SYMONDS, G.H. **Solution method for a class of stochastic scheduling problems for the production of a single commodity**. Opns.Res., v.19, n.6, p.1459-1466, 1971.

THOMAS, L.J. **Price production decision with random demand**. Opns.Res., v.22, n.8, p.73-78, 1985.

VEJA. **O novo eldorado verde**. São Paulo: ABRIL, n.1489, p.110-1150, 02/04/97.

WAGNER, H. **Principles of Operations Research with Applications to Managerial Decisions**. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1975.

WHITE, D.J. **Real applications of Markov decision processes**. Interfaces, v.15, n.6, p.73-78, 1985.

WHITE, D.J. **Further real applications of Markov decision processes**. Interfaces, v.18, n.5, p.55-61, 1988.

WHITE, D.J. **A survey of applications of Markov decision processes**. J.Opl. Res.Soc., v.14, n.11, p.1073-1096, 1993.

WRIGHT, C. L. **Análise Econômica de Transporte e Armazenagem de Grãos - Estudo do Corredor de Exportação de Paranaguá**. Geipot, Brasília, 1980.

ZERO HORA. **Fórum faz radiografia do mercado de soja**. Edição de 08/04/96, p.30, Porto Alegre.