

## **Otimização do planejamento do período de comercialização de produtos agrícolas utilizando a prática de armazenagem: um estudo de caso**

### **José Vicente Caixeta Filho**

Professor Titular do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da  
ESALQ/USP

CPF: 075965318-65

E-mail: [jvcaixet@esalq.usp.br](mailto:jvcaixet@esalq.usp.br)

Endereço: Departamento de Economia, Administração e Sociologia -ESALQ/USP

Av. Pádua Dias, 11 - Piracicaba/SP. CEP: 13418-900

E-mail: [jvcaixet@esalq.usp.br](mailto:jvcaixet@esalq.usp.br)

### **José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira**

CPF 952070234-20

Doutorando em Ciências: Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura Luiz de  
Queiroz – ESALQ/USP

Rua Silva Jardim, 568, Ed. Leblon, apto. 152; Bairro Alto, Piracicaba-SP. CEP 13419-140

E-mail: [jmoreira@esalq.usp.br](mailto:jmoreira@esalq.usp.br)

### **Luciano Rodrigues**

CPF 294082428-23

Mestrando em Ciências: Economia Aplicada da Escola Superior de Agronomia Luiz de  
Queiroz –ESALQ/USP

Rua Lamartine Babo, 257. Santa Teresinha, Piracicaba-SP. CEP 13411-033

E-mail: [lurodrig@esalq.usp.br](mailto:lurodrig@esalq.usp.br)

**Área Temática: Administração Rural e Gestão do Agronegócio.**

**FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL**

**Apresentação com presidente da sessão e sem a presença de debatedor**

## Otimização do planejamento do período de comercialização de produtos agrícolas utilizando a prática de armazenagem: um estudo de caso

### Resumo

*Nas duas últimas décadas, com a abertura da economia e a redução da intervenção governamental no mercado agropecuário, o produtor rural teve de se adaptar a esta nova realidade com a adoção de técnicas competentes e eficazes de produção e comercialização. Uma das formas de aumentar a rentabilidade da sua atividade é a utilização do armazenamento para evitar a comercialização do seu produto na época de safra, onde os preços estão baixos e os custos de transporte elevados. Este trabalho teve como objetivo a elaboração de um modelo de programação linear multiperíodo e determinístico para auxiliar o planejamento do armazenamento e da comercialização de um produtor de café e milho no interior do estado de São Paulo. Ao fazer uso do armazenamento e do modelo como ferramenta auxiliar, o produtor deixaria de ter um prejuízo aproximado de R\$ 560.000,00 para obter um lucro de R\$ 235.000,00 frente ao cenário considerado. O modelo indicou a antecipação da comercialização em consequência do aumento da taxa de juros, e o resultado básico não sofreu alterações significativas resultantes da variação de 10% nos custos de armazenagem. A quantidade de capital disponível ao produtor também exerceu forte influência na rentabilidade da atividade.*

**PALAVRAS-CHAVE:** Programação Linear, Armazenamento, Modelos multiperíodo.

## **OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DO PERÍODO DE COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS UTILIZANDO A PRÁTICA DE ARMAZENAGEM: UM ESTUDO DE CASO**

### **INTRODUÇÃO**

Durante os últimos anos foram inúmeras as mudanças ocorridas na economia mundial e, em particular, na economia brasileira. No mercado agropecuário observou-se uma redução da intervenção do governo, reduzindo significativamente as aplicações públicas fiscais e financeiras através de instrumentos de política agrícola como crédito rural e preços mínimos.

Para Antunes & Engel (1999), a mais de uma década que o setor vem enfrentando problemas; se por um lado a diminuição nas linhas de crédito disponíveis vem dificultando enormemente a continuidade das atividades agropecuárias, por outro, a globalização da economia e a abertura dos mercados vêm fazendo com que os preços dos produtos primários caiam ainda mais.

A sobrevivência nesse mercado exige mudanças na forma de atuação do produtor rural, requerendo competência e eficácia, diferentemente das comodidades e facilidades existentes em um mercado intervencionista.

Para se manter nesse novo ambiente o produtor deve adotar estratégias adequadas de administração, programação empresarial da atividade e comercialização eficiente de seus produtos, visando reduzir seus custos de produção e aumentar a receita obtida na propriedade.

A etapa da comercialização eficiente do produto é uma das mais complexas, pois os produtos agrícolas são caracterizados pela grande volatilidade nos preços. Para procurar obter melhores preços, o produtor deve conhecer o mercado do produto produzido, utilizando informações de safras passadas, além de informações referenciais para fazer uma análise conjuntural das condições atuais e das perspectivas futuras do mercado em questão.

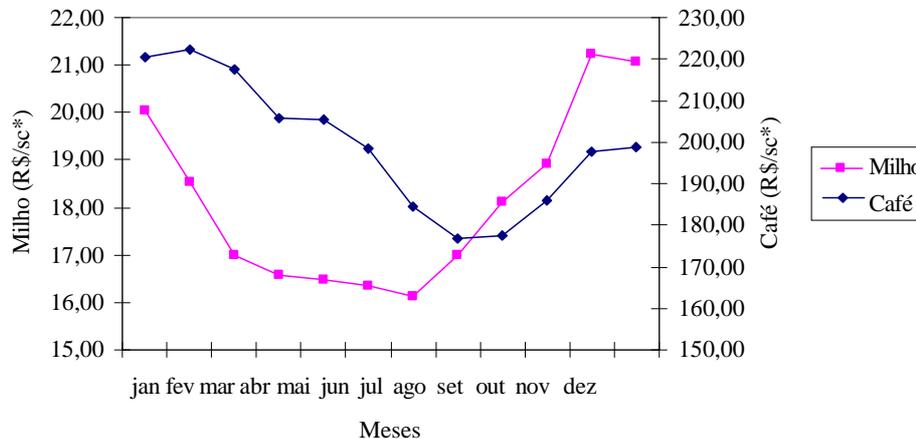
Uma característica importante encontrada na grande maioria dos produtos agropecuários é a sazonalidade de preços, que é um movimento de preços ao longo do ano devido às suas estações e as próprias características biológicas das plantas que determinam as safras e entressafras agrícolas. Para Marques & Aguiar (1990) a sazonalidade é uma característica da produção agrícola, o efeito sazonal caracterizado pela presença de safra e entressafra pode ser visto tanto na produção de culturas anuais, como na de culturas perenes, pecuária de corte, etc. Essa sazonalidade na produção, aliada a outros fatores, tem como consequência uma sazonalidade nos preços recebidos pelos produtores, que são menores no período de safra e maiores no período de entressafra.

Para evidenciar esta sazonalidade, a Figura 1 apresenta o comportamento da média mensal dos preços médios de milho e café recebidos pelos produtores rurais no Estado de São Paulo entre os anos de 1999 e 2003.

Como ocorre com a maioria dos produtos agrícolas, os preços recebidos pelos produtores de milho estão sujeitos a uma grande volatilidade ao longo do ano. Observa-se que mesmo com o crescimento da segunda safra do milho ainda existe sazonalidade nos preços recebidos pelos produtores. Verifica-se na Figura 1, que o preço recebido pelo produtor é maior no começo e no final do ano. Segundo Sousa e Marques (1995), a safra do milho em São Paulo ocorre ao redor de junho (período onde os preços recebidos pelos produtores são menores) e a entressafra ao redor de dezembro (época de preços mais

elevados); por essa razão, como forma de aumentar a receita obtida, em muitos casos torna-se preferível armazenar o produto a comercializá-lo na colheita.

**Figura 1.** Média mensal dos preços médios recebidos pelos agricultores de milho e café no Estado de São Paulo, 1999-2003.



Fonte: Elaborada a partir de dados do Instituto de Economia Agrícola/IEA, 2004  
 \* preços a valores de dezembro/2003 (IGP-DI)

Em relação ao comportamento dos preços do café, Caixeta & José (1990) já relatavam no início da década de 80 a questão da sazonalidade dos preços nos mercados nacional e internacional, e os impactos que esta causava na rentabilidade da cultura e no poder aquisitivo dos produtores. Durante o período do estudo, os autores verificaram que os meses que apresentaram maiores índices do preço do café foram aqueles entre dezembro e maio, já o mês de julho foi o que apresentou o menor índice de preço na análise da variação mensal dos preços ao longo de dez anos.

Caixeta (2004) menciona que devido às características do comportamento dos preços do café, a escolha da melhor época para venda exerce uma forte influência na rentabilidade da atividade. A autora caracteriza os períodos para venda do café ao longo do ano em três grandes grupos:

- Agosto a novembro: período após a colheita onde ocorrem as maiores vendas de café. Época de grande liquidez (mercado firme e comprador), entretanto os preços são os mais baixos do ano;
- Dezembro a abril: período da entressafra nacional e aquecimento da demanda externa. Nesse período acontecem os picos de preços, pois é nessa época que os países compradores estão repondo seus estoques;
- Maio a julho: período caracterizado pelo menor número de negócios. É uma época de incerteza, pois está sujeita à adversidades climáticas.

Segundo Bacha (1996), para otimizar sua receita em anos de condições normais, o produtor deve vender a produção em lotes pequenos a partir do mês de dezembro, zerando os estoques em maio do ano seguinte a colheita.

Assim, o armazenamento dos produtos agrícolas pode ser uma prática interessante para evitar a sua venda nos meses de preços reduzidos, atuando como uma importante estratégia na etapa de comercialização.

A armazenagem pode ser definida como um conjunto de atividades destinadas à guarda e à conservação de produtos agrícolas em condições inalteradas de qualidade e

quantidade (Weber, 2001). Para Alvarenga & Novaes (1994), a armazenagem é um componente do sistema logístico que possui diversas funções, dentre elas a estocagem do produto com o objetivo de conseguir um melhor nível de remuneração nas fases de alta do mercado.

As vantagens da utilização da armazenagem pelo produtor rural são citadas por diversos autores. Para Correa (1983), a armazenagem realizada pelo agricultor possibilita: a comercialização da produção em períodos de melhores preços, evitando as pressões naturais do mercado na época da colheita; a economia do transporte, uma vez que os fretes alcançam preços máximos nos meses de safra; o maior rendimento da colheita por evitar a espera dos caminhões nas filas e a melhor qualidade do produto, evitando o processamento inadequado devido ao grande volume a ser processado no período de safra.

Caixeta Filho et al. (2001), através de um levantamento dos valores de fretes agrícolas praticados no Brasil, verificaram uma variação significativa nos preços do serviço de transporte de soja, observando que estes apresentam valores elevados durante a época de colheita, quando ocorre um pico na demanda deste tipo de serviço.

Sob um ponto de vista econômico mais amplo, Barros (1987) descreve que quando a dimensão de tempo é considerada, os preços deveriam ser inter-relacionados pelos custos de armazenamento, já que a produção e o consumo podem ser separados temporalmente.

Assim, o produto só deverá ser estocado se a diferença de preço entre dois períodos for maior que os custos de armazenamento. Segundo Barros (1987), o armazenamento como forma de especulação ocorre enquanto o preço futuro exceder o preço presente por mais que o custo de armazenamento, ou seja, se a expectativa é de preços suficientemente maiores no futuro, o armazenamento deverá ocorrer.

Ainda segundo o autor, a estocagem dos grãos deve ser realizada quando a receita marginal advinda da armazenagem for maior ou igual ao seu custo marginal; de maneira geral, a receita marginal é dada pela diferença de preços do produto nas épocas de safra e entressafra e o custo marginal é composto pelo custo operacional e de armazenamento, somados ao custo de oportunidade do produto estocado.

Sousa & Marques (1995) afirmam que o risco de flutuações de preços é um dos que mais incomodam os produtores e uma das decisões mais fundamentais é a de comercializar ou armazenar seu produto à espera de preços melhores.

Para Sousa e Marques (1995) e Marques e Aguiar (1990), o produtor só deverá armazenar seu produto se a receita bruta proveniente da venda desse produto armazenado, descontados os custos de armazenamento, for maior do que a obtida vendendo-o na colheita.

Basicamente Souza e Marques (1995), Marques e Aguiar (1990) e Barros (1987) analisam a decisão entre armazenar ou comercializar a produção comparando a receita obtida por essas diferentes estratégias.

Entretanto, para o produtor rural a decisão de armazenar ou não o seu produto não leva em consideração somente as expectativas de preços a serem recebidos, mas também a necessidade de capital para cumprimento de suas obrigações financeiras, o custo de oportunidade do capital imobilizado na forma de estoques, os custos de armazenamento, entre outros, dificultando ainda mais o planejamento e a decisão de armazenagem. Além disso, muitas vezes o agricultor produz diferentes produtos que possuem sazonalidade de preços e que são passíveis de serem armazenados, dessa forma, ele deve decidir a quantidade e o produto que deve ser comercializado ou armazenado em cada mês.

Frente ao cenário exposto, o objetivo principal deste trabalho é elaborar um modelo para auxiliar o produtor no planejamento e decisão da melhor época de comercialização e

armazenagem dos seus produtos, visando maximizar a receita líquida<sup>1</sup> obtida com a venda dos mesmos em função das suas expectativas de preços.

Além disso, pretende-se avaliar a sensibilidade da estratégia de comercialização adotada pelo modelo frente a alterações nos custos de armazenamento dos produtos, no capital de giro disponível e no custo de oportunidade do capital.

O modelo elaborado baseou-se em uma propriedade agrícola localizada no interior de São Paulo que produz e comercializa milho e café.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Método*

Para alcançar o objetivo proposto será elaborado um modelo matemático com equações e inequações de primeiro grau, que serão resolvidas através da técnica de programação linear.

A técnica de programação linear que será utilizada neste estudo é uma área da pesquisa operacional que vem sendo bastante difundida. Segundo Lanzer (1988), citado por Saad et al. (1994), a programação linear é um dos instrumentos mais utilizados nos problemas de otimização em decorrência de sua versatilidade e do fato de utilizar fundamentos matemáticos simples, como a análise e resolução de sistemas de equações lineares.

Hoje são inúmeras as situações em que a programação linear se aplica, abrangendo a alocação de instalações de produção, a alocação de recursos nacionais para as necessidades internas, a seleção de carteiras de investimento, de meios de transporte e de planejamento agrícola, entre outras (Hillier & Lieberman, 1995a).

Neste estudo utilizou-se um modelo de programação linear conhecido na literatura como multiperifódico. Os modelos multiperifódicos consideram o planejamento da organização ao longo do tempo, de forma a otimizar as suas atividades em cada subperifodo de tempo, coordenando-as para atingir o ótimo ao final do período considerado (Prado, 1999; Hillier & Lieberman, 1995b).

São inúmeros os trabalhos que utilizam modelos desta categoria para os mais variados fins, já que grande parte dos problemas podem envolver a programação linear no tempo. Dentre eles cita-se o apresentado por Oliveira (1984), que utilizou um modelo desse tipo no planejamento do investimento de uma propriedade agrícola típica da região dos cerrados na década de setenta, com o objetivo de determinar a combinação ótima de recursos e produtos no período de doze anos visando maximizar o valor presente da renda líquida. Este autor concluiu que o modelo desenvolvido foi de fato uma ferramenta importante no auxílio do planejamento da propriedade e ressaltou que o modelo foi incorporando os resultados das decisões tomadas em anos anteriores, considerando-os ao tomar as suas decisões futuras.

Abordando um problema semelhante ao deste estudo, porém com objetivos distintos, Pizzol (2002) utilizou um modelo de programação linear multiperifódico para a maximização da margem bruta de uma propriedade característica do sistema de monocultura do café, definindo a quantidade que deveria ser vendida em cada um dos meses do ano, considerando os preços recebidos, a possibilidade de financiamento, a disponibilidade de recursos na propriedade e a possibilidade de transferência de capital entre alguns meses do ano. Posteriormente a autora inseriu uma medida de risco no modelo

---

<sup>1</sup> O termo receita líquida utilizado neste estudo refere-se a receita bruta (preço vezes quantidade vendida) subtraída as despesas da propriedade e os custos de armazenamento dos produtos.

com o objetivo de determinar a aversão ao risco pelo produtor, porém verificou que no modelo sem a incorporação desta medida, a margem bruta máxima apresentada pelo modelo se aproximou muito daquela obtida pelo produtor.

O presente estudo utilizará um modelo semelhante ao utilizado por Pizzol (2002), porém, nesse caso, serão abordados dois produtos. Além disso, será permitida a transferência de capital entre todos os meses do ano e serão incluídas restrições intrínsecas a propriedade estudada.

### ***A propriedade e o problema analisado***

A propriedade estudada está localizada no interior de São Paulo e produz café e milho. O problema enfrentado pelo produtor é caracterizado pela seguinte situação: a fazenda produz cerca de 60.000 sacas de milho e 8.000 sacas de café anualmente, numa área de aproximadamente 600 ha de milho e 800 ha de café.

O café produzido é beneficiado e pode ser armazenado na propriedade. A fazenda não dispõe de uma estrutura de armazenamento para o milho devido a sua baixa escala de produção, utilizando armazéns públicos ou de terceiros quando necessário. Nesse trabalho considerou-se a possibilidade de utilizar o armazém da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), pois este se encontra à uma pequena distância da propriedade e o produtor já o utiliza para o armazenamento do milho.

Para armazenar o milho ou o café produzido o produtor deve arcar com os custos de armazenagem dos produtos e respeitar a restrição referente à capacidade do armazém de café (21.500 sacas). O produtor também deve estar atento ao controle do fluxo de caixa da propriedade, pois o saldo mensal em caixa não deve ser negativo.

Considera-se ainda uma taxa de desconto referente ao custo de oportunidade do capital, pois as análises envolvem períodos diferentes, havendo a necessidade de se atualizar os valores da receita líquida mensal de forma a torná-los comparáveis.

### ***Modelo proposto***

O modelo elaborado deverá maximizar o valor presente da receita líquida da propriedade, determinando a quantidade de cada produto a ser vendida em cada um dos meses, respeitando as restrições estabelecidas.

A seguir são apresentadas as especificações das equações e inequações do modelo proposto:

Função objetivo: maximizar o valor presente da receita líquida obtida durante o período considerado.

Maximizar

$$Z = \sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^{12} a_j P_{kj} Y_{kj} + \sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^{12} a_j P_{kj} S_{kj} - \sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^{12} a_j TE_k E_{kj} - \sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^{12} a_j TS_k S_{kj} - \sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^{12} a_j TN_k N_{kj} - \sum_{j=1}^{12} a_j D_j$$

Variáveis:

Z = valor presente da receita líquida obtida com a venda dos produtos, em reais (R\$);

Y<sub>KJ</sub> = quantidade (t) do produto k produzido e vendido no mês j;

S<sub>KJ</sub> = quantidade em toneladas (t) do produto k que estava armazenado e foi vendido do mês j;

$E_{KJ}$  = quantidade do produto k que foi colocada no armazém no mês j (t);

$N_{KJ}$  = quantidade do produto k que está armazenada no mês j (t);

Parâmetros:

$P_{KJ}$  = preço, em reais por tonelada (R\$/t), do produto k (k=1 para milho e k=2 no caso do café) no mês j (j assume valor 1 para março, 2 para abril e assim por diante até o mês de fevereiro do próximo ano);

$TE_k$  = custo de entrada do produto k no armazém (R\$/t);

$TS_k$  = valor pago pela retirada do produto k do armazém (R\$/t);

$TN_k$  = custo mensal de armazenamento do produto k (R\$/t);

$D_j$  = despesa da propriedade no mês j (R\$);

$a_j$  = fator de atualização definido por  $1/(1+r)^j$ , onde j é o número de meses entre o mês zero (fevereiro de 2002) e o mês corrente; r é uma taxa de desconto referente ao custo de oportunidade do capital.

A maximização da variável Z está sujeita as seguintes restrições:

Restrição 1) A quantidade vendida de cada produto k em cada mês j não deve exceder a quantidade produzida neste mês, somada a quantidade disponível em estoque ao final do mês anterior. Essa restrição pode ser representada da seguinte forma:

$$RES1) X_{kj} + N_{kj-1} \geq Y_{kj} + S_{kj} \quad \text{para } k=1,2; J=1,2,\dots,12$$

Sendo:

$X_{KJ}$  = quantidade produzida do produto k no mês J (t);

$N_{k0}$  = estoque inicial do produto k (t).

Restrição 2) O total produzido em cada mês deve ser vendido ou armazenado. Matematicamente tem-se:

$$RES2) E_{kj} + Y_{kj} = X_{kj} \quad \text{para } k=1,2; J=1,2,\dots,12$$

Restrição 3) A quantidade armazenada de cada produto em determinado mês corresponde ao nível de estoque do mês anterior, acrescido da quantidade que entrou no estoque neste mês, menos a quantidade que foi retirada do estoque para ser vendida.

Tem-se que:

$$RES3) N_{kj} = E_{kj} - S_{kj} + N_{kj-1} \quad \text{para } k=1,2; J=1,2,\dots,12$$

Restrição 4) O saldo financeiro<sup>2</sup> em determinado mês J corresponde as receitas obtidas nesse mês, subtraídas as despesas (custo de armazenamento + despesas da propriedade) e somado ao saldo financeiro do mês anterior, o qual é remunerado pela taxa de desconto r considerada. Algebricamente:

$$RES4) SAL_j = \sum_{k=1}^2 P_{kj} Y_{kj} + \sum_{k=1}^2 P_{kj} S_{kj} - D_j - \sum_{k=1}^2 TE_k E_{kj} - \sum_{k=1}^2 TS_k S_{kj} - \sum_{k=1}^2 TN_k N_{kj} + (1+r)SAL_{j-1} \\ \text{para } J=1,2,\dots,12$$

<sup>2</sup> O termo saldo financeiro utilizado neste trabalho refere-se à diferença entre a despesa e a receita da propriedade em cada um dos meses, ou seja, reflete o saldo mensal do fluxo de caixa do produtor.

Onde:

$SAL_J$  = representa o saldo financeiro da propriedade no mês  $j$ ;

$SAL_0$  = representa o saldo financeiro disponível no início do período estudado (fevereiro/2002).

**Restrição 5)** A quantidade armazenada de café em cada mês deve ser menor ou igual a capacidade de armazenamento do depósito.

$$RES5) N_{2J} \leq CAP \quad \text{para } J=1,2,\dots,12$$

Onde  $CAP$  = capacidade máxima do armazém de café (t).

**Restrição 6)** O estoque ao final do período analisado (fevereiro de 2003) deve ser maior ou igual ao estoque mínimo desejado pelo produtor em função das suas expectativas de preço para o próximo ano.

$$RES6) N_{k12} \geq C_K \quad \text{para } k=1,2$$

Onde  $C_k$  = nível desejado de estoque do produto  $k$  no mês 12 (t).

**Restrição 7)** Restrição de positividade das variáveis

$$N_{kj} \geq 0; SAL_j \geq 0; Y_{kj} \geq 0; E_{kj} \geq 0; S_{kj} \geq 0; \quad \text{para } k=1,2; J=1,2,\dots,12$$

Para resolução do modelo proposto optou-se pela utilização da linguagem General Algebraic Modeling System (GAMS) (BROOKE et al., 1992).

### **Dados utilizados para validação do modelo**

Os dados e informações da propriedade referem-se ao período de março de 2002 a fevereiro de 2003 (período considerado para a análise do modelo).

Nesse ano a área planejada para cultivo com milho foi de 590 hectares e a expectativa de colheita de 59.000 sacas. No caso do café, 650 hectares estavam em fase de produção. Para o café a expectativa era colher 17.000 sacas beneficiadas durante os meses de maio a agosto (Tabela 1).

**Tabela 1.** Expectativa de produção no período analisado, março/2002 – fevereiro/2003\* (em toneladas).

Produto	mar/02	abr/02	mai/02	jun/02	jul/02	ago/02
Café	0	0	204	408	306	102
Milho	1416	2124	0	0	0	0

\* os meses sem produção não foram listados na tabela

Considerou-se que todo café produzido em determinado mês é beneficiado no mesmo período, podendo posteriormente ser vendido ou armazenado. Assumiu-se ainda que não existem perdas associadas ao armazenamento dos produtos.

A quantidade de café armazenada em fevereiro de 2002 (estoque inicial) foi avaliada em 268 toneladas, já para o milho não havia nenhuma quantidade armazenada. No

modelo assumiu-se que no final do período analisado o estoque de milho e café desejado pelo produtor deveria ser igual ao estoque inicial.

Os custos de armazenamento de café foram obtidos a partir dos dados da propriedade. No caso do milho, devido à dificuldade de obtenção dos custos de armazenamento praticados pela CEAGESP em 2002, foram utilizados os valores médios praticados em outubro de 2004 (Tabela 2), os quais foram deflacionados a valores de fevereiro de 2002 (mês em que se procedeu a elaboração do orçamento da propriedade).

Como deflator utilizou-se o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI/FGV), aplicando a seguinte fórmula:

$$VR_{fev/02} = \frac{\text{Índice}_{fev/02} \times VR_{out/04}}{\text{Índice}_{out/04}}$$

onde:  $VR_{fev/02}$  representa o valor real de fevereiro de 2002;  $\text{Índice}_{fev/02}$  representa o valor do índice de preços utilizado no mês de fevereiro de 2002;  $VR_{out/04}$  representa o valor a ser deflacionado;  $\text{Índice}_{out/04}$  valor do IGP-DI em outubro de 2004.

**Tabela 2.** Custos de armazenamento de milho e café (em R\$/ton\*).

Cultura	Valor
<b>Café</b>	
Descarga e movimentação (entrada do produto)	1,10
Custo mensal de armazenamento	3,30
<b>Milho</b>	
Descarga (entrada do produto)	0,93
Expurgo	0,67
Secagem	5,33
Taxa de retirada do produto	1,10
Taxa mensal	1,73

\* valores a preços de fevereiro de 2002.

O custo de armazenagem do milho inclui ainda o preço pago pelo transporte do produto até o armazém, o valor pago pelo frete em fevereiro de 2002 foi de R\$ 7,22/t.

A despesa mensal da propriedade deveria representar a quantidade mensal de capital necessário para equilibrar o fluxo de caixa do produtor frente aos seus custos de produção, ao pagamento de obrigações e ao valor recebido pela venda de ativos ou pela aquisição de financiamento. Ou seja, ela deveria representar o déficit (ou superávit) corrente no caixa da propriedade que deverá ser compensado pela receita obtida com a venda dos produtos.

Porém, devido a dificuldade de obtenção desses valores, utilizou-se como *proxy* da despesa da propriedade o custo operacional mensal de cada cultura, acrescido de 10% referente aos custos de administração (Tabela 3). Considerou-se ainda, que o saldo em caixa no início do período correspondia a 10% do custo anual de produção das culturas (R\$ 301.144,58).

Para o cálculo da receita obtida pela venda dos produtos utilizou-se os preços médios mensais recebidos pelos produtores no Estado de São Paulo, obtidos junto ao Instituto de Economia Agrícola/IEA (Tabela 3).

**Tabela 3.** Despesas da propriedade e preços médios mensais recebidos pelos produtores no Estado de São Paulo, março/02-fevereiro/03.

Mês	Despesa (mil R\$)	Preço milho (R\$/t)	Preço café (R\$/t)
mar/02	253,771	193,17	1.578,33
abr/02	108,242	191,33	1.605,67
mai/02	284,683	206,83	1.518,17
jun/02	250,364	215,67	1.485,83
jul/02	214,616	224,33	1.481,17
ago/02	198,447	257,50	1.509,00
set/02	123,318	279,83	1.871,00
out/02	460,579	345,17	2.217,00
nov/02	418,890	449,83	2.564,67
dez/02	288,101	456,50	2.554,83
jan/03	248,282	426,17	2.643,50
fev/03	162,153	387,67	2.794,33

Fonte: Elaborada a partir de dados da propriedade estudada (despesas) e do IEA (preços), 2004.

Utilizando a mesma metodologia adotada por Sousa & Marques (1995), a taxa de desconto considerada para comparação da receita obtida nos diferentes períodos refere-se a taxa de juros médios pagos pelos CDBs pré-fixados no mês de fevereiro de 2002, essa taxa foi de 1,08% a.m. (Conjuntura Estatística, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

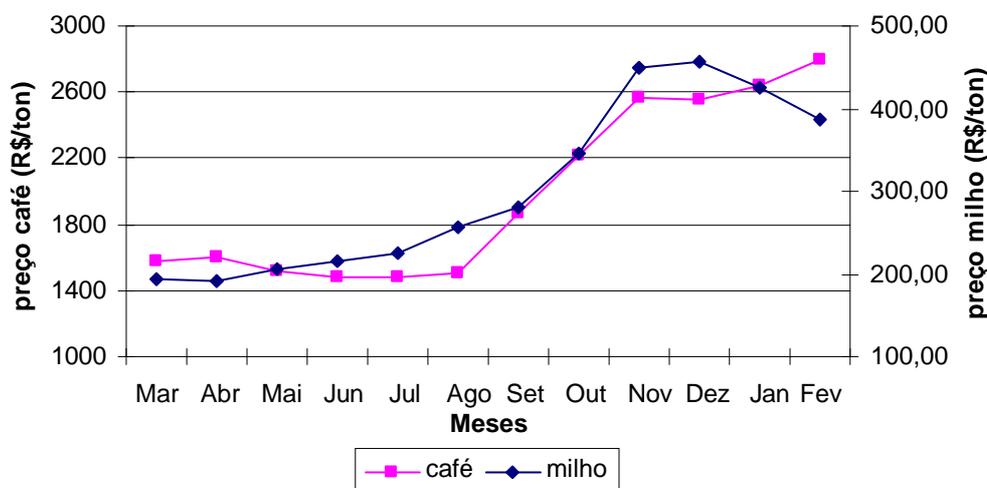
### *Resultados obtidos pelo modelo*

Antes de proceder à análise dos resultados obtidos pelo modelo matemático, são apresentados na Figura 2 os preços recebidos pelos produtores no período considerado, com o intuito de facilitar a interpretação dos resultados do modelo.

Verifica-se que durante o período analisado houve uma variação nos preços recebidos pelos produtores e que esse comportamento não foi atípico, já que essas variações seguem o padrão descrito anteriormente. Os preços de milho foram menores no período de safra e mais elevados no período de entressafra, alcançando os maiores valores nos meses de novembro e dezembro.

No caso do café, os maiores preços foram obtidos entre o final do ano de 2002 e início de 2003, chegando a R\$ 2.794,33/t em fevereiro de 2003; nos meses de safra (maio a agosto) observaram-se os menores preços.

**Figura 2.** Preços médios recebidos pelos produtores no Estado de São Paulo, março/2002 – fevereiro/2003.



Fonte: Elaborada a partir de dados do IEA, 2004.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados obtidos, além da despesa mensal do produtor que foi inserida para facilitar a análise da estratégia adotada.

**Tabela 4.** Resumo dos resultados obtidos pelo modelo.

Meses	Café		Milho		Despesa mensal (mil R\$)	Saldo mensal (mil R\$)
	Venda (toneladas)	Estoque (toneladas)	Venda (toneladas)	Estoque (toneladas)		
Março	0,000	268,000	0,000	1.416,000	253,77	27,26
Abril	268,000	0,000	0,000	3.540,000	108,24	313,45
Maio	204,000	0,000	0,000	3.540,000	284,68	335,73
Junho	93,720	314,280	0,000	3.540,000	250,36	220,74
Julho	0,000	620,280	0,000	3.540,000	214,62	0,00
Agosto	0,000	722,280	802,179	2.737,821	198,45	0,00
Setembro	69,593	652,687	0,000	2.737,821	123,32	0,00
Outubro	210,543	442,144	0,000	2.737,821	460,58	0,00
Novembro	0,000	442,144	943,670	1.794,151	418,89	0,00
Dezembro	0,000	442,144	1.794,151	0,000	288,10	527,50
Janeiro	0,000	442,144	0,000	0,000	248,28	283,45
Fevereiro	174,144	268,000	0,000	0,000	162,15	610,09

A partir desses resultados observa-se que:

- Todo estoque inicial de café deveria ser vendido no mês de abril, pois o capital inicial considerado (R\$ 301,144 mil) não era suficiente para cobrir as despesas desse mês, assim o modelo optou pelo armazenamento de todo milho produzido e pela venda de todo café estocado até então;
- No mês de maio todo café produzido deveria ser vendido, ainda que a quantidade de dinheiro disponível em caixa neste mês fosse suficiente para pagar as despesas e os custos de armazenamento. O modelo optou por vender o café em maio de modo a obter receita suficiente para arcar com as despesas no mês de julho e parte das despesas no mês

de junho, sem precisar vender milho e café nesses meses que apresentavam menores preços;

- Nos meses de agosto a novembro, a solução ótima recomenda a venda de uma quantidade suficiente de produto para honrar as despesas da propriedade. O resultado mostrou que deveria ser vendido milho em agosto e café em setembro e outubro;
- O restante do milho e do café armazenado deveriam ser vendidos em dezembro e fevereiro, respectivamente, pois estes meses proporcionariam a maior receita líquida em valor presente.

Analisando os resultados obtidos pelo modelo observa-se que a prática de armazenamento foi utilizada como forma de evitar a venda dos produtos em períodos de menores preços, porém não foi possível a venda do milho e do café somente nos meses de preços mais elevados, conforme as recomendações de Caixeta (2004), Bacha (1996) e Souza & Marques (1995), devido às restrições enfrentadas pelo produtor. Vale ressaltar, que a armazenagem também é utilizada quando se considera a média mensal dos preços dos produtos nos últimos cinco anos, apesar da variação dos mesmos ao longo do ano ser menor.

Verifica-se que a quantidade e o produto a ser vendido em cada período dependem da magnitude da variação dos preços de cada um deles. Observou-se ainda que em vários períodos a venda do café subsidiou os custos de produção e armazenamento do milho, e vice-versa.

Analisando o resultado da análise de sensibilidade do modelo, a qual reflete o impacto das variações dos coeficientes das atividades ou da disponibilidade de recursos na solução ótima, verifica-se que a restrição referente a capacidade do armazém de café não foi atuante em nenhum dos períodos, ou seja, a possibilidade de aumento da receita não foi limitada pela capacidade de armazenamento do café. Isso se deve, em parte, ao fato de que tanto a quantidade inicial estocada de café como a expectativa de produção eram reduzidas.

O valor presente da receita líquida obtido na solução ótima foi de R\$ 235.160,97 e o saldo financeiro ao final do período foi de R\$ 610.090,00, esse último considera a receita líquida obtida acrescentada do saldo financeiro no início do período e da remuneração do saldo financeiro em cada um dos meses. Caso o produtor não pudesse utilizar a opção de armazenamento, o valor presente da receita líquida obtida seria negativo em R\$ 259.894,41 e o saldo financeiro final seria de R\$ 46.925,46, ou seja, o produtor só poderia honrar seus compromissos através da utilização do dinheiro disponível em caixa no início do período. Essa simples comparação corrobora com a literatura e reforça a importância da armazenagem como uma prática para aumentar a receita obtida pelo produtor rural.

A seguir serão simulados e avaliados três cenários alternativos, onde alguns dos parâmetros do modelo serão alterados. Com isso pretende-se analisar a sensibilidade da solução ótima, análise esta que é imprescindível para o processo de tomada de decisão.

O cenário 1 considera um aumento e uma redução nos custos de armazenamento; no cenário 2 analisou-se o impacto do aumento do saldo inicial disponível no resultado da função objetivo, evidenciando os ganhos adicionais de receita decorrente de um maior saldo em caixa no início do período; finalmente, o cenário 3 analisou o impacto da taxa de desconto, que se refere ao custo de oportunidade do capital, na estratégia de planejamento do armazenamento dos produtos.

### Cenário 1: alteração nos custos de armazenagem

Variando os custos de armazenagem do café e do milho nas mesmas proporções, observa-se uma re-alocação da quantidade a ser vendida em cada um dos meses do ano, porém essas mudanças não são muito acentuadas. Nesse cenário considerou-se um aumento e uma redução em 10% nos custos de armazenamento, valor esse foi escolhido pelo fato de que esses custos geralmente não sofrem grandes variações.

No caso do café, quando é simulado um aumento em 10% nos custos de armazenamento ocorre uma pequena redução na quantidade armazenada para ser vendida no último mês (Tabela 5). Quando se considera uma redução de 10% nos custo de armazenagem observa-se uma pequena transferência da quantidade vendida nos meses de junho e outubro para fevereiro.

**Tabela 5.** Resumo dos resultados obtidos pelo modelo considerando um aumento e uma redução em 10% nos custos de armazenagem.

Meses	Redução de 10%		Valor padrão		Aumento de 10%	
	Venda Café (ton.)	Venda Milho (ton.)	Venda Café (ton.)	Venda Milho (ton.)	Venda Café (ton.)	Venda Milho (ton.)
Março	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Abril	268,000	0,000	268,000	0,000	268,000	0,000
Mai	204,000	0,000	204,000	0,000	204,000	0,000
Junho	88,165	0,000	93,720	0,000	99,245	0,000
Julho	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Agosto	0,000	799,131	0,000	802,179	0,000	805,213
Setembro	69,241	0,000	69,593	0,000	69,942	0,000
Outubro	210,278	0,000	210,543	0,000	210,806	0,000
Novembro	0,000	942,489	0,000	943,670	0,000	2734,787
Dezembro	0,000	1798,380	0,000	1794,151	0,000	0,000
Janeiro	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fevereiro	180,317	0,000	174,144	0,000	167,006	0,000
<b>VPRL*</b>	<b>252.536,18</b>		<b>235.160,97</b>		<b>218.043,70</b>	

\* valor presente da receita líquida (valor da função objetivo).

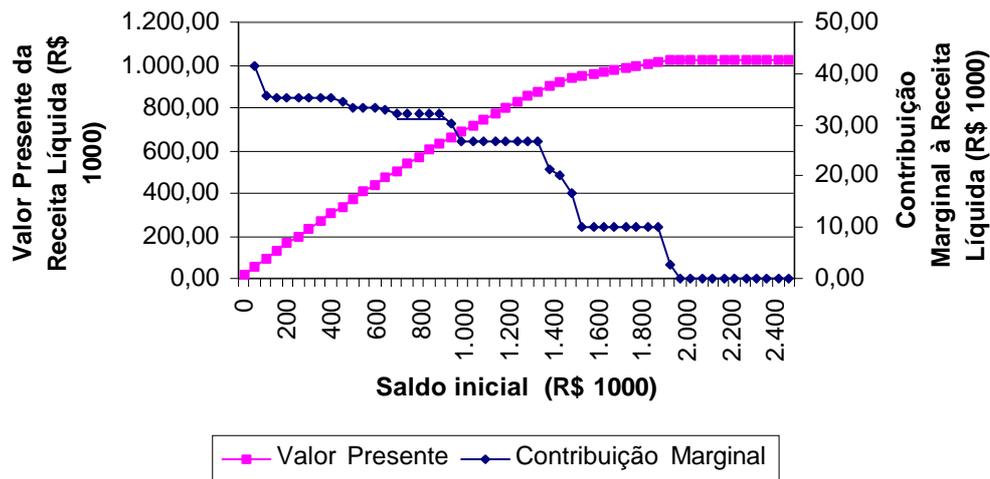
Já no caso do milho essa alteração é mais significativa, principalmente quando se considera uma elevação nos custos (Tabela 5). No caso da redução do custo de armazenamento observa-se que uma quantidade menor é vendida em novembro e uma quantidade maior em dezembro. Quando é realizada a simulação de um aumento nos custos de armazenamento o modelo antecipa a venda de milho de dezembro para novembro, pois apesar do preço no mês de dezembro ser maior (R\$ 456,50/t) ele não é suficiente para compensar os maiores custos de armazenamento, ou seja, descontados os custos de armazenamento e o custo de oportunidade considerado, a receita obtida no mês de dezembro passa a ser menor que a obtida no mês de novembro.

O valor presente da receita líquida máxima obtida pelo modelo também não sofreu grandes alterações. A variação no valor presente da receita líquida obtida foi de 7,40% (R\$ 17.375,22) quando considerada a redução nos custos, e de 7,27% (R\$ 17.117,27) sob a hipótese de aumento.

**Cenário 2: alteração do capital disponível em caixa no início do período**

É possível observar na Figura 3 como a disponibilidade inicial de capital influencia na rentabilidade da propriedade. Tal Figura foi gerada considerando o resultado da função objetivo a cada 50.000,00 reais adicionais que estariam disponíveis ao produtor no início do período.

**Figura 3** – Impacto da disponibilidade de capital inicial na receita líquida presente alcançada pela propriedade.



Observa-se ganhos marginais decrescentes de receita líquida na atividade em relação ao aumento da disponibilidade de capital inicial. Tais ganhos situaram-se entre R\$ 30.000,00 e R\$ 40.000,00 para cada R\$ 50.000,00 adicionais nos primeiros R\$ 900.000,00 de capital inicial; entre R\$ 30.000,00 e R\$ 20.000,00 até R\$ 1.400.000,00 de capital inicial; e abaixo de R\$ 20.000,00 e com forte tendência de queda além de R\$ 1.400.000,00, atingindo o máximo valor presente da receita líquida quando R\$ 2.350.000,00 de estivessem disponíveis.

Desta forma, é possível constatar a forte queda no lucro do produtor rural em função de sua descapitalização. Isto decorre do fato que o mesmo, para saldar suas despesas no decorrer do período considerado teve de vender parte da sua produção antecipadamente, não podendo esperar para fazê-lo nos meses de preços mais remuneradores, ainda que não houvesse excedido a sua capacidade de armazenamento dos produtos.

Para melhor ilustrar este caso, um produtor totalmente descapitalizado no início do período conseguiria uma receita líquida no valor de R\$ 15.700,00 aproximadamente, enquanto um outro produtor sem restrição de capital inicial (R\$ 2.350.000,00), com a mesma produção e uma estrutura de custos idêntica, alcançaria uma receita líquida de R\$ 1.019.500,00. Para um capital inicial de R\$ 1.000.000,00 a receita líquida alcançada seria de R\$ 690.000,00.

**Cenário 3: efeito da taxa de desconto na alocação das vendas da propriedade.**

O aumento da taxa de desconto eleva o custo de se manter o produto em estoque, pois aumenta o custo de oportunidade do capital imobilizado na forma de produto estocado. A medida que o custo de oportunidade do capital se eleva, o valor presente dos preços e das despesas cai, sendo esta queda mais acentuada quanto mais distante for o período considerado.

Serão consideradas duas taxas de desconto mensais alternativas: taxa nula (0,00%); e uma taxa de 2,50%. A comparação entre as estratégias delineadas pelo modelo em resposta a estas diferentes taxas são apresentadas na Tabela 6.

Na ausência de taxa de desconto não foram observadas alterações significativas na estratégia de comercialização em relação àquela delineada para a condição inicial. Ocorreu um aumento da quantidade comercializada de café no mês junho em 8,66 toneladas, reduzindo a quantidade vendida no mês de fevereiro. Este comportamento a princípio parece estranho, pois a redução da taxa de desconto eleva o valor presente dos preços em período futuros, incentivando a venda dos produtos nestes períodos. Porém o saldo do mês anterior não é remunerado pela taxa de juros, sendo necessário uma pequena elevação na quantidade vendida no mês de junho para saldar as despesas da propriedade nos meses de junho e julho.

**Tabela 6** - Cronograma de comercialização da propriedade sob diferentes taxas de desconto mensais.

Taxa de desconto	0,00%		1,08%		2,50%	
	Venda de café (toneladas)	Venda de milho (toneladas)	Venda de café (toneladas)	Venda de milho (toneladas)	Venda de café (toneladas)	Venda de milho (toneladas)
Mes						
Março	0,000	0,000	0,000	0,000	268,000	0,000
Abril	268,000	0,000	268,000	0,000	0,000	0,000
Mai	204,000	0,000	204,000	0,000	204,000	0,000
Junho	102,385	0,000	93,720	0,000	210,870	0,000
Julho	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Agosto	0,000	802,068	0,000	802,179	0,000	0,000
Setembro	69,578	0,000	69,593	0,000	70,127	0,000
Outubro	210,530	0,000	210,543	0,000	210,993	0,000
Novembro	0,000	943,607	0,000	943,670	0,000	3.540,000
Dezembro	0,000	1.794,325	0,000	1794,151	0,000	0,000
Janeiro	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fevereiro	165,507	0,000	174,144	0,000	56,010	0,000
VPRL*	R\$ 276.189,30		R\$ 235.160,97		R\$ 213.748,33	

\* Valor presente da receita líquida

Quando a taxa de desconto é elevada para 2,50% a.m., o modelo antecipa a venda de café de abril para março, pois o valor presente do preço do mês de março é superior ao de abril. A venda de café no mês de junho aumentou em 117,15 toneladas, reduzindo a venda deste produto no mês de fevereiro. Com esta antecipação o proprietário obtém saldo suficiente em caixa para honrar suas despesas, podendo estocar a sua produção de milho e comercializá-la no mês de novembro, que apresenta maiores preços em valor presente.

Como era esperado, o valor presente da receita líquida se reduz com o aumento da taxa de desconto, reflexo do aumento do custo de oportunidade do capital.

## CONCLUSÕES

A proposta principal deste estudo foi a elaboração de um modelo matemático de programação linear para auxiliar o produtor no planejamento da melhor época de comercialização dos seus produtos, identificando a quantidade de milho e café a ser vendida ou armazenada nos diferentes meses, de forma a maximizar a receita da propriedade. O modelo proposto se mostrou uma importante ferramenta para o planejamento adequado da empresa, apresentando informações relevantes a serem consideradas na tomada de decisão, apesar de suas possíveis deficiências e simplificações.

A partir dos resultados obtidos pode-se fazer algumas considerações:

- A armazenagem apresentou-se como uma importante estratégia a ser utilizada pelo produtor para aumentar a receita obtida com a venda dos produtos frente às variações sazonais dos seus preços, pois em todos os cenários considerados o armazenamento foi utilizado;
- De forma geral, verificou-se a preferência da comercialização do café na época de safra e do milho na entressafra, apesar dos custos de armazenamento do milho serem maiores, proporcionalmente ao seu preço, do que os de café;
- A solução ótima obtida pelo modelo não sofreu alterações significativas em função de pequenas variações nos custos de armazenamento;
- O aumento do capital disponível em caixa no início do período exerce forte influência sobre a receita líquida obtida pelo produtor, pois permite que ele comercialize uma maior quantidade dos seus produtos nos meses de preços mais elevados;
- A época de comercialização dos produtos é antecipada a medida em que se eleva a taxa de desconto, pois o custo de oportunidade do capital imobilizado na forma de produto estocado aumenta.

É importante ressaltar que a solução ótima de um modelo de programação linear não é necessariamente a solução geral do problema, ela deve ser utilizada como uma ferramenta para fornecer informações pertinentes sobre as diferentes estratégias disponíveis, sendo imprescindível o julgamento subjetivo do administrador na escolha da melhor decisão a ser tomada.

Sugere-se como tema para próximos estudos a incorporação de uma medida de risco ao modelo elaborado, pois apesar dos preços dos produtos apresentarem uma variação sazonal ao longo do ano, certamente a venda em cada um dos meses está associada a um nível de risco em decorrência de possíveis oscilações de preços. Dessa forma, seria interessante verificar se existem mudanças significativas nas estratégias apresentadas quando essa nova informação é incorporada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, A.C.; NOVAES, A.G.N. **Logística aplicada**: suprimento e distribuição física. 2 ed. São Paulo: Pioneira, 1994. 268p.

- ANTUNES, L.M.; ENGEL, A. **Manual de administração rural**. 3 ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. 196p.
- BACHA, C.J.C. Variações sazonais do preço do café. **Preços Agrícolas**: Ano 10, n.119, p. 8-10, set. 1996.
- BARROS, G.S.de C. **Economia da Comercialização Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 306p.
- BROOKE, A.; KENDRICK, D.; EERAUS, A. *Gams: a users's guide*. CA: Scientific, 1992.
- CAIXETA, G.Z.T. Como ter uma cafeicultura rentável. Informe tecnológico nº 18. Disponível em <<http://www.embrapa.br>>, acesso em 18/11/2004
- CAIXETA, G.Z.T.; JOSÉ, J.A.B. de S. Tendências de preços, sazonalidade e relação de trocas no mercado cafeeiro de Minas Gerais, 1979 – 1988. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol. 28, nº 1, p.123-141, jan-mar 1990.
- CAIXETA FILHO, J.V.; GAMEIRO, A.H.; MARTIGNOM, L.de M. et. al. Movimentação rodoviária de produtos agrícolas selecionados. In: CAIXETA FILHO, J.V.; GAMEIRO, A.H. (organizadores). **Transporte e logística em sistemas agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2001. cap.4, p.136-165.
- CONJUNTURA ESTATÍSTICA. Índices de preços. **Conjuntura Econômica**, Rio de Janeiro, v.57, n. 01, jan. 2003.
- CORREA, P.C. Necessidade de uma estrutura de armazenagem em nível de fazenda. **Informativo agropecuário**, n.9, p.24-25, mar. 1983.
- HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. **Introduction to operations research**. 6<sup>th</sup> Edition. USA: McGraw-Hill, 1995a. 1020p.
- HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. **Introduction to mathematical programming**. 2<sup>nd</sup> Edition. USA: McGraw-Hill, 1995b. 734p.
- Instituto de Economia Agrícola/IEA. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br>>, acesso em 20/11/2004.
- MARQUES, P.V.; AGUIAR, D.R.D. **Comercialização de produtos agrícolas**. Piracicaba: Edusp, 1990. 295p.
- OLIVEIRA, A.J.de. Um modelo multiperiódico de investimento para o planejamento agrícola. In: CONTINI, E.; ARAÚJP, J.D.; OLIVEIRA, A.J. et al. **Planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão**. Brasília/DF: Embrapa - Departamento de Difusão de Tecnologia, 1984. p.163-193.

PIZZOL, S.J.S.de. Comportamento dos cafeicultores perante o risco: uma análise de três sistemas de produção da região de Marília/SP. Piracicaba, 2002. 168p. Dissertação (M.S.) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

PRADO, D.S. do. **Programação linear**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2003. 220p. (Série Pesquisa Operacional, Vol. 1)

SAAD, J.C.C.; TÓMASELA, C.; PERES, J.G.; PERES, F.C.; FRIZZONE, J. A. Otimização da rede hidráulica de um sistema de irrigação por gotejamento utilizando programação linear. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.5, p.797-805, maio 1994.

SOUSA, E.L.L.de; 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, jan. 1995.

WEBER, E.A. **Armazenagem agrícola**. 2 ed. Guaíba: Agropecuária, 2001. 396p.