

ESTIMATIVAS DE BENEFÍCIOS ECONÔMICOS POTENCIAIS
DE UMA APLICAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO: A REDUÇÃO NO
ERRO DE PREVISÃO DE SAFRAS

Celso Athayde

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Caixa Postal 515 - (12200) - São José dos Campos, SP - Telefone: 22-9977

SUMÁRIO

Este trabalho foi motivado pelas pesquisas existentes no Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, onde o Programa SERE vem desenvolvendo estudos, em convênio com a Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, no sentido de se melhorar o sistema de previsão de safras com a utilização do Sensoriamento Remoto. O objetivo é mostrar os aspectos metodológicos que envolvem a avaliação econômica da aplicação de novas técnicas ao problema da previsão de safras. No Brasil existem diversos órgãos governamentais que praticam este tipo de previsão. As Secretarias Estaduais de Agricultura, o Instituto Brasileiro do Café (IBC), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Ministério da Agricultura, o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), entre outros, oferecem este tipo de serviço que se constitui em preciosa informação tanto para a tomada de decisão em outros setores governamentais, como para o empresariado particular. Este trabalho procurará mostrar como benefícios econômicos podem ser gerados e mensurados, a partir de uma redução no erro de previsão. Escolheu-se, para este fim, o modelo de Hayami e Peterson e procurar-se-á mostrar sua base teórica e suas hipóteses explícitas e implícitas, para que se possa aquilatar as dificuldades práticas de sua aplicação. Algumas críticas são feitas quanto ao poder de previsão do modelo, bem como sugestões no sentido de torná-lo mais completo.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por escopo, a apresentação de aspectos metodológicos envolvidos na avaliação econômica de uma das possíveis aplicações do sensoriamento remoto - a previsão de safras agrícolas.

A prática de previsão de safras não é coisa nova no Brasil. Conforme Paiva et al. [8], no período precedente à Segunda Guerra Mundial, já se tinha organizado um sistema de estatísticas agrícolas. Desde então, tem-se envidado esforços no sentido de se conseguir resultados mais precisos e rápidos, de maneira a atender à demanda por informações dessa natureza, que é consequência da necessidade, cada vez maior, de se entender a complexa economia agrária do país, nos seus aspectos mercadológicos e de produção.

No Brasil, atualmente, existem diversos órgãos governamentais que se dedicam à previsão de safras. As Secretarias Estaduais de Agricultura, o Instituto Brasileiro do Café (IBC), a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Ministério da Agricultura, o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), entre outros, oferecem esse tipo de serviço que se constitui em preciosa informação, tanto para a tomada de decisão nos setores governamentais, como para o empresário particular.

Este trabalho foi motivado pelas pesquisas existentes no Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, onde o Programa SERE vem desenvolvendo estudos, em convênio com a Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, no sentido de melhorar o sistema de previsão de safras com a utilização do Sensoriamento Remoto.

Para se conseguir essa melhora, certa quantidade de recursos deve ser aplicada, o que se constitui em custos para a sociedade, visto o caráter público da atividade de previsão de safras. Como tais recursos podem ser aplicados em outros usos alternativos, faz-se

mister o cotejo dos custos com os benefícios que podem advir dessa atividade à sociedade.

Dentro dessa particular preocupação, procurar-se-á mostrar como benefícios econômicos podem ser gerados e mensurados, a partir de uma redução no erro de previsão. Escolheu-se para esse fim, o modelo de Hayami e Peterson [5], denominado "Modelo de Ajustamento de Estoques"* e descrever-se-á sua base teórica e suas hipóteses explícitas e implícitas, para que se possa aquilatar as dificuldades práticas de sua aplicação. Algumas críticas são feitas ao poder de previsão do modelo, bem como sugestões no sentido de torná-lo mais completo.

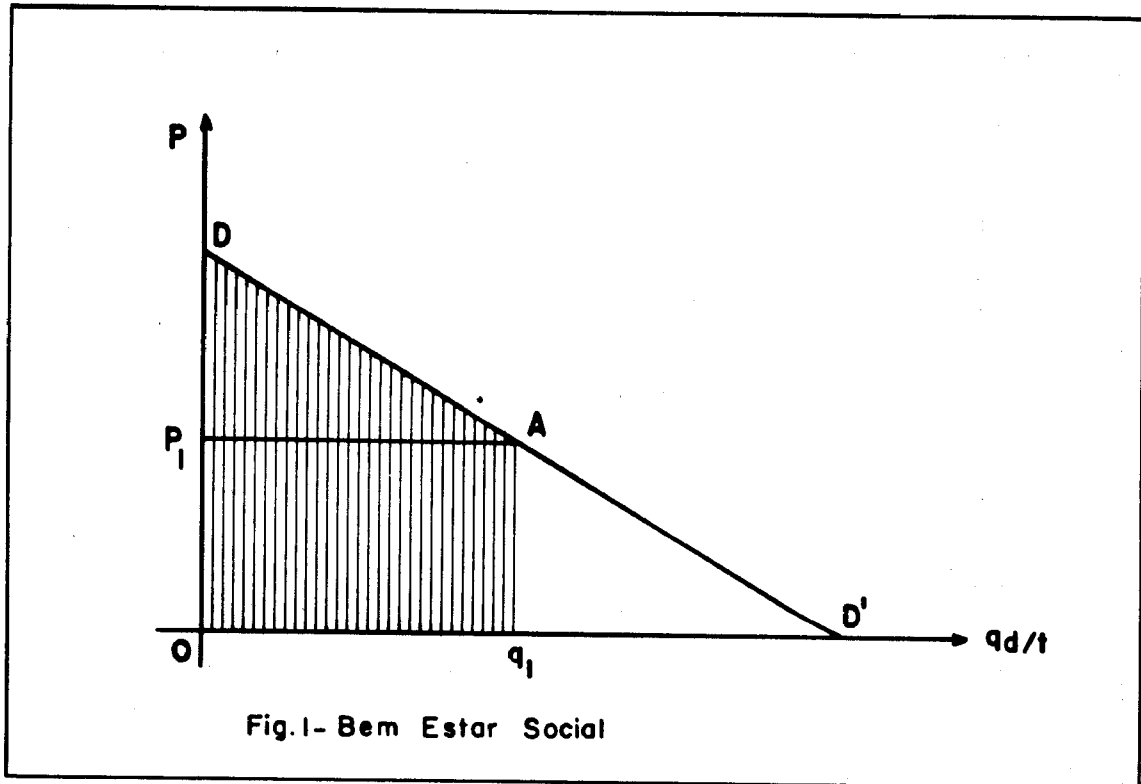
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS DO PROBLEMA

2.1 - ESTRUTURA TEÓRICA DO MODELO

O modelo a ser apresentado utiliza, como estrutura básica teórica, os conceitos de bem-estar social e/ou benefícios sociais e custo social ou de oportunidade, derivados das curvas de demanda e oferta para o mercado de um determinado bem. Esses conceitos foram descritos inicialmente por Marshall [7], e desenvolvidos posteriormente por outros autores. Em Athayde et al. [1], faz-se uma revisão dos principais tópicos da teoria marshalliana, necessários à sua compreensão.

Observando a Figura 1, aceita-se como uma estimativa do bem-estar social, a área abaixo da curva DD' , que representa a demanda do mercado aos diversos níveis de preço de um bem. Nesse sentido, o benefício social total (BST) que os consumidores recebem pelo consumo de \bar{q}_1 unidades do bem, ao preço \bar{p}_1 , é estimado pela área $ODAq_1$. Desde que o preço é função da quantidade, isto é, $p = p(q_D)$, podemos expressar matematicamente o valor dos benefícios, calculando:

* Nessa mesma publicação os autores descrevem um outro modelo, denominado "Modelo de Ajustamento da Produção", o qual não foi considerado neste trabalho pelo fato de se referir à previsão de safras fora do contexto do sensoriamento remoto.



$$BST = \int_0^{q_1} p(q_d) dq_d \quad (1)$$

Alternativamente, desde que se tenha um razoável conhecimento do coeficiente de elasticidade - preço da demanda (α), no ponto considerado, pode-se chegar ao valor de BST pela fórmula:

$$BST = \bar{op}_1 \bar{oq}_1 \left(1 + \frac{1}{2|\alpha|}\right) \quad (2)$$

Do mesmo modo, o custo social pela oferta do nível \bar{oq}_1 do bem, pode ser estimado pela área abaixo da curva SS' , na Figura 2, a qual representa a oferta do bem para o mercado, aos diversos níveis de preço. Assim, a oferta de \bar{oq}_1 unidades do bem, ao preço \bar{op}_1 , acarreta um custo social total (CST) avaliado pela área $OSBq_1$.

Novamente, se tomarmos $p = p(q_s)$, o CST pode ser estimado pela expressão:

$$CST = \int_0^{q_1} p(q_s) dq_s \quad (3)$$

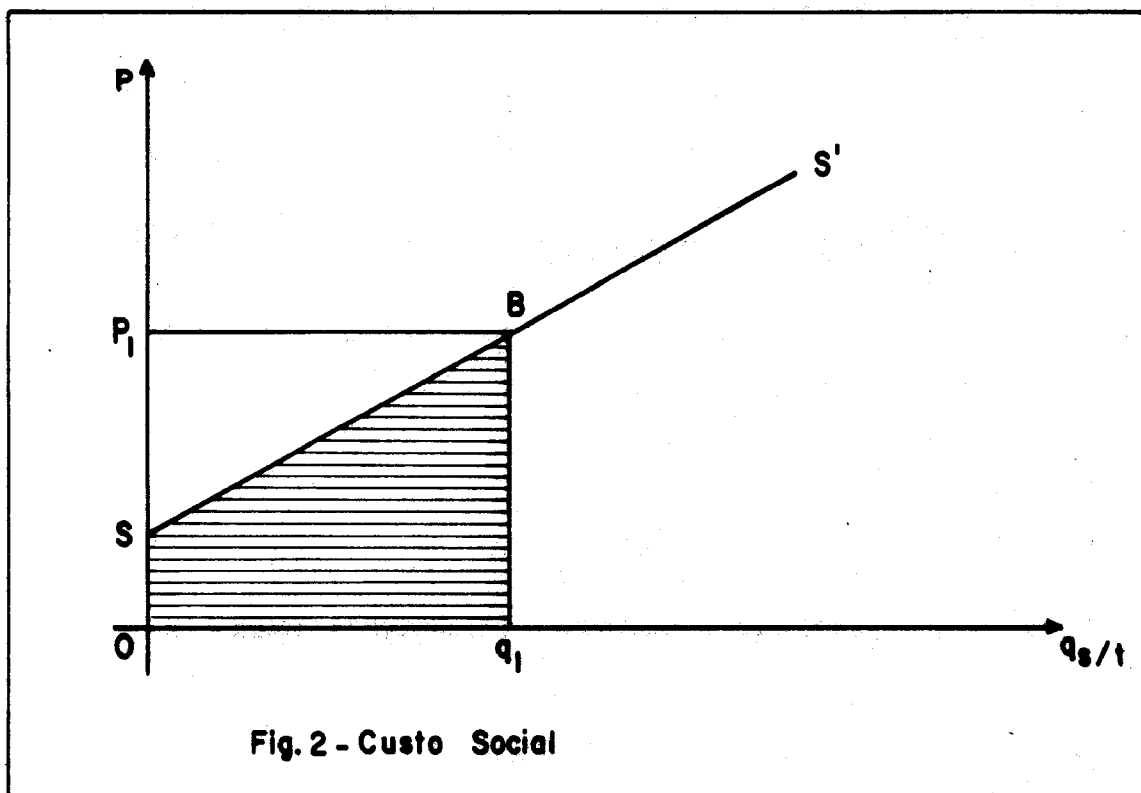


Fig. 2 - Custo Social

ou, a partir do conhecimento do coeficiente de elasticidade - preço da oferta (β), o mesmo valor pode ser obtido por:

$$CST = \overline{op}_1 \overline{oq}_1 \left(1 - \frac{1}{2\beta}\right) \quad (4)$$

O valor do benefício social líquido (BSL), auferido pela sociedade ao consumir \overline{oq}_1 unidades, ao preço \overline{op}_1 , é estimado pela diferença entre as áreas $ODaq_1$ e $OSBq_1$, ou seja:

$$BSL = \int_0^{q_1} [p(q_d) - p(q_s)] dq \quad (5)$$

ou ainda

$$BSL = \frac{1}{2} \overline{op}_1 \overline{oq}_1 \left(\frac{1}{|\alpha|} + \frac{1}{\beta}\right) \quad (6)$$

2.2 - DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo que será descrito objetiva medir os benefícios sociais marginais da redução do erro, na previsão de colheita de produtos agrícolas e, para tanto, admite-se que a taxa de oferta do mercado seja sensível à informação de previsão de safras. Assim, os erros de previsão fazem com que os ofertantes tomem decisões errôneas, distorcendo os transportes de estoques, o que implica em uma perda líquida de bem-estar social.*

O modelo de ajustamento de estoques se adapta às situações em que o produtor não pode alterar significativamente sua produção, em resposta às previsões de safras. Contudo, os estoquistas o fazem, em relação aos seus estoques; nesse sentido é que a taxa de oferta responde às informações de previsão. É o caso dos produtos agrícolas que, uma vez plantados, não é conveniente para o agricultor expandir ou reduzir a área de plantio; contudo, é relativamente fácil e econômico o armazenamento desses bens. Considerando que os produtos desse tipo são produzidos durante um período relativamente curto do ano, seus padrões de consumo dependem sobremaneira da política de estoques daqueles que os comerciam.

A Figura 3 esquematiza o processo de perda de bem-estar devido ao erro de previsão. Assim, uma previsão sujeita a erros indica uma expectativa de colheita para $t+1$, provocando uma expectativa de alta ou baixa de preços para esse mesmo período. Isso faz com que os estoquistas alterem a taxa de oferta já no período t e, posteriormente, ao terem acesso ao valor verdadeiro da produção, no período $t+1$. Em virtude dessas variações na taxa de oferta, os preços serão alterados em t e em $t+1$, provocando uma perda de bem-estar à sociedade.

* Transporte de estoques é aquela quantidade do bem que não sendo consumida num período t , é transportada para o período $t+1$.



Fig. 3 - Fluxo Erro de Previsão - Custo Social.

Observando a Figura 4, pode-se verificar como o processo acima descrito se realiza: a curva de oferta SS' mostra a perfeita inelasticidade da produção a uma mudança no preço, e DD' indica a demanda do produto pelo mercado. Admita-se que o sistema de previsão de safras forneça dados estatísticos, que estimem a colheita no período $t+1$ igual a \overline{oq}_2 , em contraposição à verdadeira produção \overline{oq}_1 . Essa subestimativa de produção gera expectativas de preço para $t+1$, da ordem de \overline{op}_2 , ou seja, fazendo com que os estoquistas esperem um acréscimo no preço futuro, da magnitude de BG . Isso não ocorreria caso a informação não estivesse sujeita a erros. Supondo que os estoquistas busquem maximizar seus lucros, eles reduzem a taxa de oferta do produto, até que o preço, no período t , se situe ao nível de \overline{op}_2 , diminuindo a quantidade ofertada em $\overline{q}_2\overline{q}_1$. Essa retração na taxa de oferta faz com que a sociedade perca, em bem-estar, o valor correspondente à área BAq_1q_2 . Após a colheita, quando os estoquistas têm conhecimento da real produção \overline{oq}_1 , eles se vêem obrigados a se desfazerem dos estoques $\overline{q}_2\overline{q}_1$ e, ao injetá-los no mercado, promovem a elevação da oferta de \overline{oq}_1 para $\overline{oq}_1 + \overline{q}_2\overline{q}_1 = \overline{oq}_3$. Como resultado da nova taxa de oferta o preço declina, em $t+1$, de \overline{op}_2 para \overline{op}_3 , e desse modo, o bem-estar social aumenta da área ACq_3q_1 .

É interessante notar que, se a informação de previsão de safras fosse no sentido de superestimar a produção futura, ou seja, tivesse sido \overline{oq}_3 ao invés de \overline{oq}_2 , esse mesmo processo de perda e ganho de bem-estar ocorreria, mas em ordem inversa.

Assim, como resultado líquido de perda de bem-estar social tem-se a área $EGAF$, que é obtida pela soma algébrica da perda e do

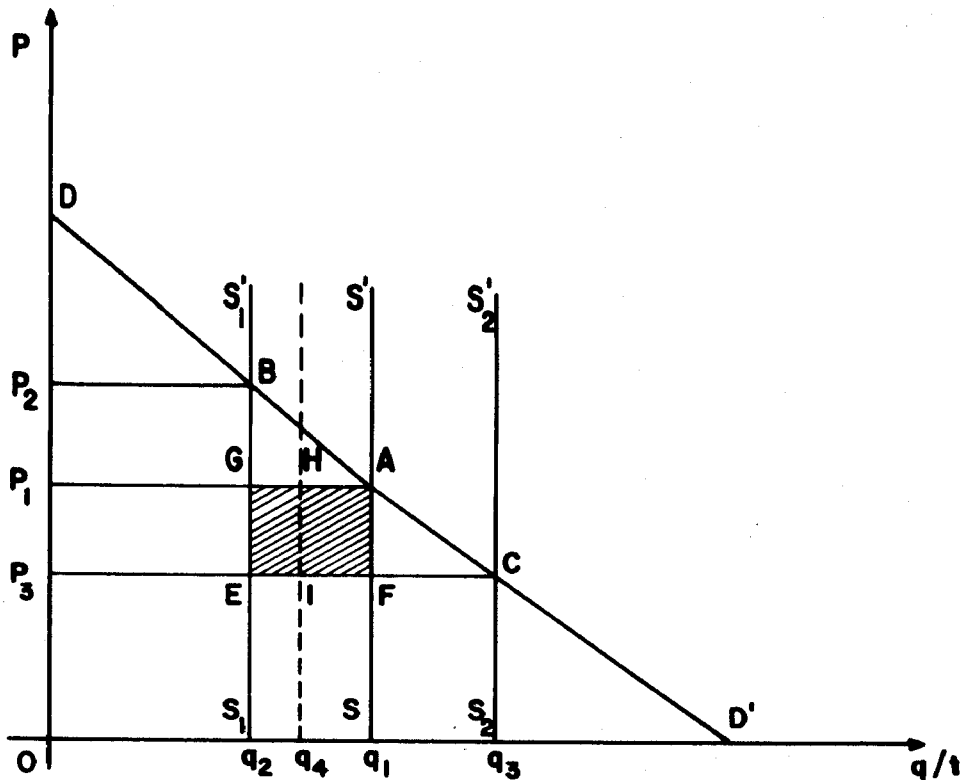


Fig.4 - Descrição Gráfica do Modelo de Ajustamento de Estoque

ganho de bem-estar, nos períodos t e $t+1$, respectivamente.* O valor mo netário desse resultado (PBS) é obtido pela seguinte expressão:

$$PBS = \epsilon^2 p q \frac{1}{\alpha} \quad (7)$$

onde

$$\epsilon = \frac{\overline{q_1 q_2}}{\overline{oq_1}} = \frac{\overline{q_1 q_3}}{\overline{oq_1}},$$

é o erro de previsão; p é o preço ao nível de $\overline{op_1}$; q a quantidade deman

* Uma análise mais rigorosa mostraria que os resultados de superestimação e subestimação geralmente ocorrem aleatoriamente. Isso, contudo, não alteraria o valor líquido da perda de bem-estar, pois o valor esperado dessa perda, continuaria a ser representado pela área EGAF.

dada $\overline{OQ_1}$ e α o coeficiente da elasticidade - preço da demanda. Como se pode observar, a perda social devida ao erro de previsão é diretamente proporcional ao quadrado do erro (ϵ) e inversamente proporcional ao valor do coeficiente de elasticidade - preço da demanda (α).

Para se chegar ao valor dos benefícios econômicos, que a aplicação do sensoriamento remoto à previsão de safras pode gerar para a sociedade, basta a comparação entre as perdas sociais (PBS), calculadas levando-se em consideração o erro de um sistema de previsão convencional (ϵ_C) e o erro do sistema que utiliza o sensoriamento (ϵ_S). Esses benefícios sociais marginais (BSM) são definidos pela expressão:

$$BSM = PBS_S - PBS_C = (\epsilon_S^2 - \epsilon_C^2) \text{ pq } \frac{1}{\alpha} \quad (8)$$

Na expressão (8) está implícito que sã haverã ganhos, para a sociedade, no contexto que se está analisando, se efetivamente $\epsilon_S < \epsilon_C$. Se se verificar que o sistema de previsão, utilizando o sensoriamento remoto, evidencia um erro de previsão menor do que o dos sistemas convencionais, isso implicará numa redução da área EGAF (Figura 4), com consequentes ganhos de bem-estar para a sociedade, como indica a expressão acima.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

O modelo utilizado neste estudo foi aplicado em outros países, principalmente com o objetivo de se comparar sistemas convencionais de previsão de safras, com sistemas onde houvesse o emprego de técnicas de Sensoriamento Remoto, envolvendo o uso de satélites ou aeronaves.*

* Para se ter uma idéia da larga aplicação do modelo, pode-se citar as seguintes referências bibliográficas: Castrucio Júnior [2], Earth Satellite Corporation et al. [3], Eisgruber [4], Hayami e Peterson [5], Lowe et al. [6] e Zissis et al. [9].

No Brasil, pelo que se tem conhecimento, até agora nenhum estudo dessa natureza foi empreendido. Contudo, a partir do momento que se possa contar com dados razoavelmente confiáveis, principalmente no que se refere aos erros efetivos, poder-se-á realizar tal tarefa, com a finalidade de se ter alguma informação sobre a magnitude das perdas que a sociedade sofre, devido aos erros nas previsões. Esse tipo de informação poderia, inclusive, servir de subsídio para a tomada de decisão de investir maiores recursos nessa área, uma vez constatados retornos superiores aos custos de se efetuar melhoras nos sistemas de previsão de safras brasileiros.

No item 2.2 o modelo foi descrito sem nenhuma modificação que pudesse torná-lo mais preciso, pois todas as hipóteses formuladas pelos autores foram mantidas. Contudo, algumas modificações já foram propostas, com o intuito de se obter resultados mais próximos da realidade. Por exemplo, Earth Satellite Corporation et al. [3] sugerem que seja incorporado ao modelo um fator que represente as restrições de preços mínimos e máximos, preços esses que modificam o valor das perdas sociais. O governo impõe esses preços ao mercado, através de controles que alteram o preço e a quantidade do bem, e isso impede que a perda social medida pelo modelo ultrapasse certos limites. A não consideração desse fato, no modelo, pode modificar sobremaneira o valor das estimativas de perda social, pois os preços no modelo são considerados livres, podendo subir ou cair sem restrições, à medida que a taxa de oferta diminui ou aumente.

Em Lowe et al. [6], é feita uma aplicação, com o objetivo de medir os benefícios de uma melhora na previsão da produção de arroz na Tailândia. Neste estudo, foram considerados também, os beneficios recebidos pelo mercado externo pois, para o caso em questão, a produção exportada para outros países alcançava um volume considerável.

Além dessas modificações, três hipóteses básicas do modelo devem ser verificadas, a fim de que se saiba até que ponto o comportamento dos estoquistas no Brasil se aproxima daquele que o modelo pretende explicar.

Em primeiro lugar, deve-se verificar empiricamente a hipótese básica de que os estoquistas modificam as taxas de oferta dos produtos, em resposta às previsões de safras. Essa hipótese pode ser aceitável, contudo carece de comprovação, principalmente porque, implicitamente, Hayami e Peterson consideram que os detentores dos estoques e da produção confiam totalmente nas previsões, fato esse que empiricamente pode não ocorrer. Quando da descrição do modelo, percebe-se que as decisões de oferta eram baseadas na total credibilidade nas previsões de safras. Porém, é possível que os estoquistas não acreditem totalmente nas previsões, achando que as mesmas possam se apresentar subestimadas ou superestimadas. Para ilustrar graficamente a diferença que pode se verificar, na estimativa da perda social, quando não se leva em conta aquele aspecto, observe-se que, na Figura 4, em condições de plena credibilidade, a perda social é dada pela área EGAF. Admita-se que os estoquistas considerem \overline{oq}_2 uma subestimativa da produção e reduzam a oferta de \overline{q}_4 a \overline{q}_1 . Neste caso, com uma previsão de \overline{oq}_4 ao invés de \overline{oq}_2 , a perda social se reduz, num valor equivalente à área IHAF. Se o comportamento dos estoquistas fosse no sentido de superestimar a previsão, a perda social seria então aumentada. Para incorporar ao modelo esse aspecto, uma amostragem do comportamento dos ofertantes, face às previsões, poderia indicar uma grandeza numérica que permitisse uma medida mais exata das perdas para a sociedade. Em segundo lugar, para justificar as expansões da oferta faz-se necessário a hipótese da existência de um nível de estoque mínimo. Novamente salienta-se que, embora essa hipótese seja também aceitável, de qualquer modo seria aconselhável uma verificação da mesma, para saber-se até que ponto tal fato realmente faz parte do comportamento dos estoquistas. E por último, carece de verificação a hipótese referente à linearidade das curvas de demanda.

Pelo exposto neste item, pode-se perceber que todo um trabalho de base deve ser empreendido antes de se aplicar o modelo considerado. Esse trabalho de base seria no sentido de se conhecer, com uma razoável profundidade, todos os aspectos mercadológicos, de estocagem, produção e outros referentes ao produto agrícola objeto da previsão de safras.

Esse conhecimento possibilitaria a verificação das hipóteses apontadas e indicaria, inclusive, outros pontos de reformulação do modelo, que a uma análise apenas teórica possam passar despercebidos.

Finalmente, ao se empreender um estudo dessa natureza, é bom ter em mente que a utilização do modelo descrito fornecerá uma primeira aproximação das reais perdas sociais, provenientes dos erros incorporados às previsões de safra e, por consequência, dos benefícios econômicos da utilização do sensoriamento remoto para reduzir tais erros. Realmente, os valores que venham a ser obtidos com a utilização de tal modelo serão uma primeira aproximação dos valores reais, posto que os mesmos devem representar os limites inferiores das perdas sociais, pois não incluem as perdas devidas à má alocação de recursos feita por parte dos vários órgãos governamentais, os quais se utilizam da previsão agrícola para nortear suas decisões, no que diz respeito às políticas de armazenamento, transportes, exportações, importações e outras. Dentro do contexto da análise social de custos e benefícios, o modelo desenvolvido por Hayami e Peterson [5] destina-se a medir apenas uma externalidade pecuniária, não levando em conta todos os outros benefícios e custos, diretos e indiretos, que um projeto, cuja finalidade seja oferecer um serviço referente a informações de previsão de safras, possa provocar na sociedade.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ATHAYDE, C.; GONÇALVES, C.A.; CASTRO, J.E.B. - *Análise Social de Custos e Benefícios: Alguns Aspectos Teóricos e Estimativa de Benefícios Gerados por uma Redução no Nível de Erro de um Sistema de Previsão de Safras.* São José dos Campos, INPE-1041-TPT/055, 1977.
- [2] CASTRUCIO JR., P.A.; HARRY, L.L. Crop Forecasting. In: _____. *The Practical Utilizations of Remote Sensing Technology for the Management and Conservation of Natural Resources.* New York, United Nations - Outer Space Affairs Div., 1974.
- [3] EARTH SATELLITE CORPORATION AND BOOZ-ALLEN APPLIED RESEARCH CORPORATION - *An Analysis of the Benefits and Costs of an Improved Crop Acreage Forecasting System Utilizing Earth Resources Satellite or Aircraft Information.* Appendix 1 - Reston, 1974.
- [4] EISGRUBER, L.M. - *Potential Benefits of Remote Sensing: Theoretical and Framework and Empirical Estimate.* West Lafayette, Purdue University, 1972.
- [5] HAYAMI, Y.; PETERSON, W. - Social Returns to Public Information Services: The Case of Statistical Reporting of U.S. Farm Commodities. *American Economic Review*, 62(1): 119-130, março de 1972.
- [6] LOWE, D.S.; SUMMERS, R.A.; GREENBALT, E.J. - *An Economic Evaluation of the Utility of ERTS Data for Developing Countries.* Ann Arbor, Research Institute of Michigan, 1974.
- [7] MARSHALL, A. - *Principles of Economics.* 9 ed. London, MacMillan, 1961.

- [8] PAIVA, R.M.; SCHATTAN, S.; FREITAS, C.F.F. - *Setor Agrícola do Brasil - Comportamento Econômico, Problemas e Possibilidades*. São Paulo, Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, 1973.
- [9] ZISSIS, G.J.; HEISS, K.P.; SUMMERS, R.A. - *Design of a Study to Evaluate Benefits and Cost of Data from the First Earth Resources Technology Satellite (ERTS-A)*. Ann Arbor, Michigan, Institute of Science and Technology, 1972