

A UTILIZAÇÃO DE MODELOS DE EQUILIBRIO ESPACIAL PARA A  
AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE POLÍTICAS AGRÍCOLAS:  
ESTUDO DE CASO AUSTRALIANO

JOSE VICENTE CAIXETA FILHO<sup>1</sup> e THOMAS GORDON MACAULAY<sup>2</sup>  
INTRODUÇÃO

A Austrália é um continente de aproximadamente 7,8 milhões de quilômetros quadrados, povoado por mais de 16 milhões de habitantes, sistema parlamentarista de governo, inflação média de 8% ao ano e estrutura federalista extremamente arraigada.

Num país essencialmente dependente de atividades primárias, o trigo vem desempenhando papel de destaque no setor agrícola australiano. Na safra 1985-86, por exemplo, 16 milhões de toneladas (90% da produção) foram exportadas, o que representou 28% do valor total arrecadado com exportações agropecuárias no período.

A movimentação de trigo dentro do território australiano acontece majoritariamente a nível intraestadual. O produtor do Estado de New South Wales, por exemplo, tem que exportar seu trigo através de um dos portos do Estado (Sydney ou Newcastle). Ele não poderá entregar seu trigo através do porto de Brisbane, Estado de Queensland, mesmo que isso signifique economias nos custos de transporte e armazenagem. Portanto, mesmo tendo suporte constitucional (seção 92 da Constituição Federal Australiana), a movimentação de trigo entre Estados não é prática comum ao produtor australiano. Cada Estado tenta, através dos mais variados artificios, reter a sua produção dentro do seu próprio sistema de distribuição.

HISTÓRICO

A eficiência do sistema de distribuição de trigo tem sido uma grande preocupação do setor agrícola australiano. Em relatório produzido pela ROYAL COMMISSION INTO GRAIN STORAGE, HANDLING AND TRANSPORT (1988) ficou reconhecido que nos últimos dez anos uma proporção crescente dos lucros do produtor tem sido consumida pelos custos de transporte e armazenagem. A principal recomendação desse relatório foi relativa a um sistema mais eficiente em que os serviços de armazenagem, manuseio, transporte terrestre e portos fossem mais integrados. Entre outras, as restrições a esta eficiência seriam causadas pelas barreiras físicas e institucionais impostas aos movimentos interestaduais de grãos.

<sup>1</sup> Professor-Assistente do Departamento de Economia e Sociologia Rural da EEARQ - USP - Caixa Postal 9 - 13400 - Piracicaba, SP.

<sup>2</sup> Senior Lecturer do Department of Agricultural Economics and Business Management da University of New England, Armidale, NEW 2351, Australia.

Especificamente na indústria do trigo, a integração dos sistemas ferroviários estaduais tem sido restringida durante anos, resultado da política dos governos estaduais voltada ao desenvolvimento de seus sistemas de transporte como entidades estaduais independentes. A limitação causada pelas diferentes bitolas encontradas nos vários sistemas ferroviários pode ser vista como a mais importante evidência da falta de uma política de administração ferroviária conjunta.

Por outro lado, a situação do transporte rodoviário de carga é totalmente oposta: fluxos interestaduais têm sido encorajados, enquanto severas restrições são impostas ao fluxo intraestadual de grãos, por rodovia, em determinados Estados.

Para complicar ainda mais o problema, discriminação de preços em regiões de fronteira tem se constituído numa prática comum para desencorajar movimentos interestaduais de trigo. A companhia ferroviária de um Estado A, por exemplo, fixa taxas de frete diferenciadas para um produtor localizado na região de fronteira entre os Estados A e B, de tal forma que ao produtor não se torna economicamente viável a entrega de seu trigo para o sistema de distribuição do Estado B.

Todos os serviços de transporte e armazenagem são contratados, a nível estadual, pelo Australian Wheat Board (AWB). O AWB é o recebedor oficial do trigo australiano e coordenador do processo de comercialização daquele produto. Ele identifica os serviços de suporte logístico requeridos para a comercialização do trigo em cada Estado e contrata e paga as várias organizações envolvidas no processo. Independente do caminho a ser tomado pelo trigo, ele continua como propriedade do AWB até que o consumidor interno dele se aproprie; ou até quando o trigo seja efetivamente exportado.

Assim, da experiência de negociação entre o AWB e as companhias de distribuição, tem-se notado que há uma tendência para a máxima retenção possível da produção dos Estados nas mãos de seus respectivos sistemas de distribuição.

in Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 24-28 de julho de 1989, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

O trigo na Austrália é um produto homogêneo, plantado em regiões geográficas distintas e alocado a regiões distintas de demanda, classificadas de acordo com o uso final requerido para aquele grão. Basicamente, a diferença entre os preços de oferta e demanda é devida aos custos de transporte e armazenagem. Para cada região, funções que relacionam produção local, demanda final e preços podem ser derivadas. Dadas estas funções e os respectivos custos do sistema de distribuição envolvido, é possível determinar os preços de equilíbrio em todos os segmentos de mercado assim como a quantidade de trigo demandada e ofertada em cada região. Podem também ser obtidos o volume e a direção das quantidades de trigo transportadas entre cada par de regiões que maximizem o lucro de cada fonte de produção, permitindo assim a distribuição de trigo a um custo mínimo.

Como não havia problemas para a obtenção de dados, a decisão a ser tomada envolveu a escolha do tipo de modelo a ser utilizado. As opções consideradas foram o modelo de transporte e o modelo de equilíbrio espacial.

O modelo de equilíbrio espacial foi escolhido e apresentou as seguintes vantagens:

(a) é uma generalização do modelo de transporte, no sentido de que os resultados obtidos com um modelo de transporte podem também ser reproduzidos pelo modelo de equilíbrio espacial;

(b) possibilita a inclusão das elasticidades-preço de oferta e demanda já estimadas para a indústria de trigo australiana. Isto facilitaria uma avaliação dos efeitos das mudanças no nível de produção causados pela implementação de políticas agrícolas que viessem afetar o setor;

(c) pode ser estendido para permitir a inclusão, de funções de custo de distribuição baseadas em funções de oferta não perfeitamente elásticas;

(d) sua estrutura poderia ser modificada para que imperfeições de mercado, tais como monopólio espacial ou mercados oligopolísticos, pudessem ser incluídas.

Entretanto, a opção por um modelo de equilíbrio espacial não se esgota em si própria. Há dois extremos que delimitam sua teoria: a versão monopolística e a versão competitiva do modelo. A indústria de trigo australiana parece não preencher todos os requisitos de nenhum desses extremos. Pode-se considerar, primeiramente, que os custos médios assim como os preços obtidos no mercado, representam pontos reais das funções de oferta e demanda num ambiente competitivo; mas, ao mesmo tempo, todas as operações de comercialização são coordenadas por um organismo monopolizador (o AWB), trabalhando em conjunto com uma indústria de distribuição também monopolizadora (a nível estadual). Portanto, uma combinação entre graus de monopólio e competição entre os vários setores envolvidos na indústria do trigo estaria permitindo a transmissão de preços de mercado aos produtores, aqueles que fornecem serviços ao produtor, e ainda aos próprios consumidores.

Esta é uma hipótese difícil de ser provada e foge ao escopo deste estudo. No entanto, optou-se pelo teste dos modelos puramente competitivo e puramente monopolista, separadamente. Aquele que melhor reproduzisse os resultados obtidos para a safra em estudo (1985-86) seria selecionado para a realização de experimentos.

Após a verificação das propriedades duais do modelo para a situação observada na safra 1985-86 (CAIXETA FILHO, 1989); realização dos testes não-parâmetros de Kolmogorov-Smirnov e de Wilcoxon (SIEGEL, 1956) e do teste da hipótese de que a regressão linear entre valores reais e estimados é dada por reta de coeficiente linear nulo e coeficiente angular unitário (KMENTA, 1986), constatou-se que a versão competitiva do modelo de equilíbrio espacial era a mais adequada para representar os dados de produção e consumo da safra em estudo.

#### ESTRUTURA DO MODELO UTILIZADO

A estrutura básica do modo de distribuição da indústria de trigo australiana pode ser representada pelo diagrama da Figura 1.

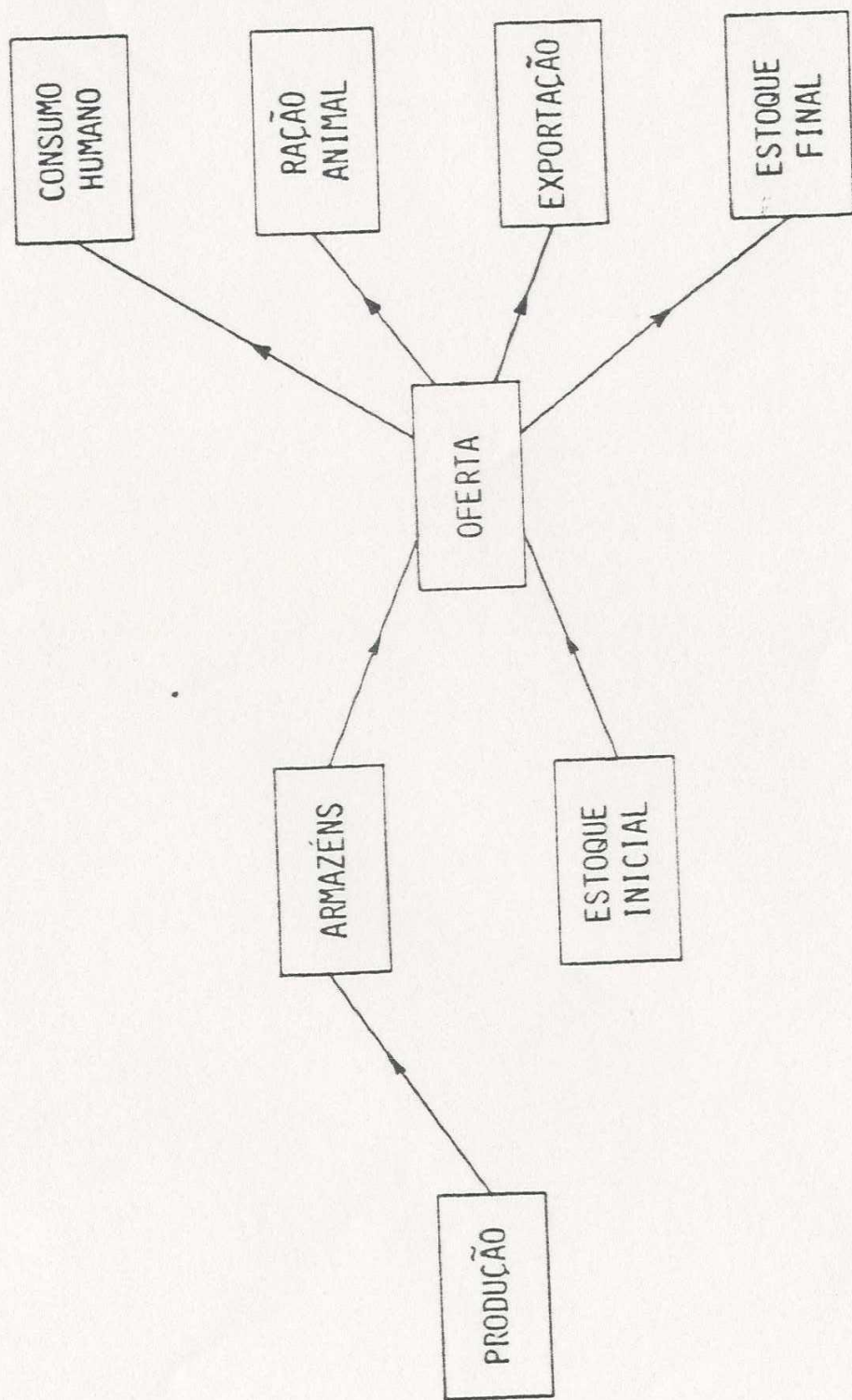


Figura 1. Estrutura do sistema de distribuição de trigo na Austrália.

O cinturão de trigo australiano foi dividido em 19 regiões de oferta (cada uma delas pode ser comparada a um grande armazém fictício). Os destinos da safra foram divididos de acordo com o seu uso final: 5 pontos para consumo humano, 5 pontos para ração animal, 5 pontos para estoque e 19 pontos para exportação. Os custos de distribuição entre cada par origem-destino foram obtidos das companhias transportadoras e de armazenagem pertinentes, as quais também auxiliaram na estimativa dos custos de rotas até então não exploradas comercialmente. Portanto, a principal tarefa a ser cumprida pelo AWB será alocar o trigo recebido dos produtores, de acordo com os usos finais requeridos e sujeito às taxas impostas pelas companhias de transporte e armazenagem. Se o AWB vem desempenhando essa função de maneira ótima, o lucro total envolvido nas atividades de distribuição estará sendo maximizado.

Os cenários alternativos B, C e D foram propostos e comparados com a situação real retratada pelo cenário A. Assim sendo, tem-se:

Cenário A: representativo da situação atual. Movimentos interestaduais não foram permitidos.

Cenário B: retirada da discriminação de preços nas regiões de fronteira estadual. Movimentos interestaduais são permitidos.

Cenário C: retirada da discriminação de preços nas regiões de fronteira estadual e alterações nos valores de oferta do trigo. As elasticidades-preço utilizadas no cenário B foram parametrizadas e os movimentos interestaduais obtidos para cada solução comparados.

Cenário D: retirada da discriminação de preços nas regiões de fronteira estadual e incorporação de um sistema de preços desagregados para os serviços de distribuição. Foram desenvolvidas funções quadráticas de custo médio para cada ponto de oferta do modelo.

Todos os cenários seguiram a estrutura matemática básica

proposta por TAKAYAMA e JUDGE (1971) e posteriormente aperfeiçoada por HASHIMOTO (1985) e MACAULAY et alii (1988). Os resultados para cada cenário foram obtidos com o uso do programa MINOS (MURTAGH e SAUNDERS, 1987), desenvolvido para resolução de problemas não-lineares, processado num microcomputador Macintosh SE.

Função objetivo a ser maximizada

$$LT = \sum_{j=1}^n P_j Y_j - \sum_{i=1}^m P_i X_i - \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m T_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

onde:

LT = lucro total;

$P_j$  = preço de compra do trigo;

$P_i$  = preço de venda do trigo;

$Y_j$  = quantidade de trigo demandada;

$X_i$  = quantidade de trigo ofertada;

$T_{ij}$  = custo de distribuição entre as regiões i e j;

$X_{ij}$  = quantidade transportada da região i para a região j.

Restrições de demanda

A função de demanda para cada uma das n regiões de consumo pode ser representada como:

$$Y_j = a_j - b_j P_j, \quad j = 1, \dots, n. \quad (2)$$

onde,

$a_j$  = coeficiente linear da função de demanda;

$b_j$  = coeficiente angular da função de demanda.

Para garantir que a quantidade de trigo demandada seja obtida:

$$R_j = \sum_{i=1}^m X_{ij}, \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m. \quad (3)$$

onde  $R_j$  é a quantidade total de trigo recebida pela região j.

Se o trigo transportado das regiões de oferta mais o trigo em estoque são considerados para suprir a demanda de uma região, então:

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \geq a_j - b_j P_j, \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m. \quad (4)$$

Rearranjando,

$$-b_j P_j - \sum_{i=1}^m X_{ij} \leq -a_j, \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m. \quad (5)$$

Para a formulação das funções de demanda para cada uma das  $n$  regiões, o seguinte artifício é sugerido:

- considere a forma genérica da equação de demanda:

$$Y = a - b P. \quad (6)$$

- tomando o valor de elasticidade-preço de demanda igual a  $E_d$ , a seguinte relação poderá ser utilizada:

$$b = (\partial Y)/(\partial P) = E_d (Y/P), \quad (7)$$

onde  $(Y/P)$  é a relação entre a quantidade demandada e o preço obtido em determinado ano.

- conhecido o coeficiente angular  $b$ , o coeficiente linear  $a$  poderá ser obtido da seguinte forma:

$$a = b P + Y. \quad (8)$$

Note que o raciocínio acima é válido para a versão competitiva do modelo de equilíbrio espacial. HASHIMOTO (1985) demonstra que, para o caso de um mercado monopolista, as equações de demanda devem ter os respectivos coeficientes linear e angular multiplicados por 0,5.

#### Restrições de oferta

A função de oferta para cada uma das  $m$  regiões pode ser representada como:

$$X_i = c_i + d_i P_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (9)$$

onde

$c_i$  = coeficiente linear da função de oferta;

$d_i$  = coeficiente angular da função de oferta.

Para garantir que a oferta de trigo seja obtida,



$$S_i = \sum_{j=1}^n X_{ij}, \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m. \quad (10)$$

onde  $S_i$  é a quantidade de trigo produzida pela região  $i$ .

Como a oferta total disponível numa região será no mínimo igual à quantidade comercializada com outras regiões mais a quantidade a ser alocada ao estoque final, então:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq c_i + d_i P_i, \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m. \quad (11)$$

Rearranjando,

$$-d_i P_i + \sum_{j=1}^n X_{ij} \leq c_i, \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m. \quad (12)$$

Observe que o mesmo artifício desenvolvido para a obtenção das equações (7) e (8) pode ser aplicado para as equações de oferta.

#### Restrições de preço

As restrições de preço são as mais importantes para a definição da estrutura de mercado a ser investigada. Num modelo de equilíbrio espacial competitivo, para garantir que os preços entre duas regiões não difiram por mais que seus respectivos custos de distribuição, a seguinte restrição deve ser considerada:

$$P_j - P_i \leq T_{ij}, \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m. \quad (13)$$

A relação expressa em (13) deve ser válida para qualquer possível combinação entre uma das  $n$  regiões de demanda e uma das  $m$  regiões de oferta.

#### Identificação da não-linearidade

Para os cenários A, B e C a variável  $T_{ij}$  será representada por funções perfeitamente elásticas. Portanto, a parcela da função objetivo, relativa ao custo total de distribuição, assumirá uma forma linear em relação à variável  $X_{ij}$ . Já as parcelas da função objetivo, relativas ao total de trigo vendido e comprado, assumirão formas quadráticas em relação às

variáveis  $P_j$  e  $P_i$ . As restrições de oferta e demanda serão lineares com relação a  $P_j$  e  $P_i$ .

Para o cenário D, a variável  $T_{ij}$  será representada por funções quadráticas de custo médio. Em vista disso, as correspondentes restrições de preço serão quadráticas em relação à variável  $X_{ij}$ ; e a parcela da função objetivo, relacionada ao custo total de distribuição, apresentará um grau cúbico de complexidade em relação à variável  $X_{ij}$ .

### RESULTADOS E IMPLICAÇÕES

Após a realização dos experimentos para a investigação do potencial de movimentos interestaduais de trigo, os preços correspondentes para cada cenário alternativo puderam ser obtidos. Os resultados mostraram que haveria um movimento substancial de trigo através de algumas fronteiras estaduais. De uma maneira mais específica, 2,1 milhões de toneladas de trigo produzidas em New South Wales (aproximadamente 12% da safra 1985-86) seriam transportadas para os Estados de Queensland e Victoria, sendo 1 milhão de toneladas exportadas através do porto de Brisbane e 1,1 milhões através do porto de Geelong. Note que as economias nos custos de transporte e armazenagem, variando entre US\$ 1,43 e US\$ 2,81 por tonelada de trigo (entre US\$ 3 milhões e US\$ 6 milhões, em valores globais), foram as causadoras do redirecionamento do fluxo de trigo obtido nos cenários alternativos.

Para a implementação de uma política de distribuição que fizesse uso dos benefícios de uma "desfronteirização" da indústria de trigo australiana, duas opções básicas foram sugeridas:

(a) *Opção I*: manutenção do monopólio do sistema de distribuição a nível estadual mas deixando a possibilidade de entrega interestadual disponível ao produtor.

Considere, por exemplo, um produtor localizado em um Estado X, que tenha feito a opção de entrega de seu trigo para um Estado Y. O trigo estaria sob jurisdição das companhias de transporte e armazenagem do Estado X enquanto em território X,

e sob a responsabilidade do Estado Y enquanto em território Y. Entretanto, o preço pago pelo produtor seria calculado de acordo com a legislação prevista por Y (o Estado de destino), sendo que neste preço estariam incluídos os serviços arcados por X.

(b) *Opção II*: competição livre entre companhias públicas e privadas para a exploração dos serviços de transporte e armazenagem de trigo, com a possibilidade de entrega interestadual disponível ao produtor.

A principal característica desta opção é a presença de livre concorrência para a operação do sistema de distribuição de trigo na Austrália. A adoção da opção II seria mais vantajosa que a I, uma vez que se evitaria o manuseio de um mesmo grão por duas autoridades distintas. O produtor escolheria a firma de seu agrado, com a possibilidade de entrega interestadual, e que lhe oferecesse o menor custo de distribuição.

Para a implementação de quaisquer das opções acima, alguns problemas comuns podem ser vislumbrados. O primeiro deles é o de ordem institucional. O transporte de trigo através das fronteiras estaduais exigirá uma série de medidas, a nível de descentralização do poder, por parte do governo federal australiano. Isto acarretaria a reestruturação funcional do Australian Wheat Board. Este teria que funcionar mais como licenciador e coordenador das empresas de prestação de serviços, e como um provedor de informes sobre previsão de safras, particularmente no tocante a volumes a serem movidos entre Estados.

Finalmente, precisa ser mencionada a famosa resistência a inovações que é peculiar a produtores de quaisquer partes do mundo. O produtor de trigo atribui uma imensa dose de confiabilidade ao Australian Wheat Board. O risco envolvido na possibilidade de ganhos maiores lhe seria sempre questionável, uma vez que a rotina de distribuição que lhe tem servido por mais de 20 anos também tem-se mostrado operacionalmente confiável.

## LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Como explicado anteriormente, um modelo de equilíbrio espacial é basicamente composto por três elementos principais: equações de demanda, equações de oferta e custos de distribuição. Especificações incorretas poderão comprometer os resultados estimados pelo modelo.

Erros nas especificações das equações de oferta e demanda poderiam ser causados devido à má qualidade de dados de produção e preços; e/ou imprecisões nos valores de elasticidade-preço da demanda e da oferta adotados. A coleta de dados de produção e preços é prática institucionalizada pelo governo federal australiano e que tem sido bem aceita por todas as partes envolvidas no processo de comercialização do trigo. Já no caso das elasticidades, obtidas ou por modelos econométricos ou por modelos de programação, não parecem convergir a um valor comum. Em vista disso, análises de sensibilidade dos resultados para as elasticidades-preço da oferta e da demanda foram conduzidas e revelaram que os efeitos causados nos fluxos de trigo pelas variações nos valores daquelas elasticidades não eram significativos.

Por outro lado, a alocação dos fluxos de trigo se mostrou altamente sensível à variação dos valores dos custos de transporte e armazenagem. Esta é uma observação importante, uma vez que uma determinada ligação interestadual só será validada se o custo de distribuição envolvido for relativamente atraente. Como estas ligações tiveram que ter seus custos estimados, uma certa cautela deve ser observada quando da interpretação dos resultados obtidos pelos cenários alternativos experimentados.

Portanto, será difícil convencer produtor, AWB e governos estaduais e federais que a partir do momento em que as fronteiras estaduais forem abertas à movimentação de trigo, exatamente 2,1 milhões de toneladas daquele grão serão realocadas em função de economias nos custos de distribuição. Entretanto, será difícil negar o grande potencial para os movimentos interestaduais de trigo na Austrália.

## SUGESTOES PARA NOVAS PESQUISAS

O modelo de equilíbrio espacial desenvolvido neste estudo serviu como um ferramental para orientar a implementação de novas políticas na indústria de trigo australiana. Entretanto, vale a pena ressaltar que nenhum modelo pode incorporar todos os aspectos do "mundo real". Entre outras, as seguintes extensões poderiam ser incluídas em um modelo de equilíbrio espacial, de modo que esse "mundo real" fosse melhor representado:

(a) determinação dos graus de monopólio e competição envolvidos na indústria de trigo australiana;

(b) consideração de séries temporais que envolvessem mais de uma safra;

(c) maior desagregação no nível de regionalização de oferta e demanda;

(d) consideração da opção de armazenamento dentro das próprias fazendas de trigo;

(e) discriminação entre estruturas permanentes e temporárias de armazenagem e,

(f) consideração da influência do preço de outros grãos (milho, sorgo, girassol, etc.) no sistema de distribuição de trigo.

## COMENTARIO FINAL

O objetivo básico deste estudo foi o de estabelecer alternativas para o aumento na eficiência do sistema de distribuição de trigo na Austrália. São sugeridas mudanças institucionais que venham a permitir a movimentação de trigo entre fronteiras estaduais. Este movimento entre Estados possibilitará que os produtores localizados em regiões de fronteira obtenham economias significativas nos custos de transporte e armazenagem, e que consumidores paguem preços menores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAIXETA FILHO, J. V. Interstate movements of wheat in Australia: an application of a spatial equilibrium model. Armidale, 1989. 162p. (M.Ec.- University of New England).
- HASHIMOTO, H. A spatial Nash equilibrium model. In: HARKER, P. T., ed. Spatial price equilibrium: advances in theory, computation and application. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 1985. p.20-40.
- KMENTA, J. Elements of Econometrics. 2.ed. New York, Macmillan, 1986.
- MACAULAY, T. G.; BATTERHAM, R. L. ; FISHER, B. S. Cubic Programming and the solution of spatial trading systems. Paper presented to the 32nd AGRICULTURAL ECONOMICS SOCIETY CONFERENCE. Melbourne, 1988. 20p.
- MURTAGH, B. A. & SAUNDERS, M. A. MINOS 5.1 User's Guide. Stanford University, Department of Operations Research, 1987. Technical Report SOL 83-20R. 118p.
- ROYAL COMMISSION INTO GRAIN STORAGE, HANDLING AND TRANSPORT. Report. Canberra, AGPS, 1988. Volume 1. 222p.
- SIEGEL, S. Nonparametric statistics. New York, McGraw-Hill, 1956.
- TAKAYAMA, T. & JUDGE, G. Spatial and temporal price allocation models, Amsterdam, North-Holland, 1971.