

## 4 Metodologia

Inicialmente foi feita uma pesquisa de campo, realizada no período de junho a novembro de 2005, para o levantamento de dados do sistema de produção e comercialização da soja em grãos dos Estados de Tocantins, Maranhão e Piauí. A pesquisa compreendeu entrevistas gravadas, semi-estruturadas com os produtores rurais, sendo eles o diretor da *South América Trading Company S.A.* (SAT), o diretor da Central de Comercialização de Grãos do Tocantins (Centro Grãos Tocantins), o presidente do Instituto de Desenvolvimento Rural do Estado do Tocantins (RURALTINS), o presidente da Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Tocantins (FAET), os encarregados do Setor de Apoio à Logística e Gestão da Oferta das Superintendências regionais da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) dos Estados de Maranhão, Tocantins e Piauí, o secretário da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Tocantins (SEAGRO), os caminhoneiros da BR-153, e os agenciadores de transporte de carga do Tocantins. O objetivo da pesquisa de campo teve um enfoque mais qualitativo-exploratório que permitiu vivenciar os problemas de produção, transporte e armazenamento da soja em grão dos Estados em estudo.

Seguidamente foi feita a revisão bibliográfica sobre fundamentos teóricos e aplicações do modelo de transporte e do modelo de equilíbrio espacial de preços. Decorrente disso, foi escolhido o modelo de equilíbrio espacial que apresenta as seguintes vantagens:

- É uma generalização do modelo de transporte, no sentido que os resultados obtidos com um modelo de transporte podem, também, ser reproduzidos pelo modelo de equilíbrio espacial;
- Possibilita a inclusão das elasticidades-preço de oferta e demanda, o que facilitaria uma avaliação dos efeitos das mudanças no nível de produção causados pela implementação de políticas agrícolas que viessem afetar o setor;
- Pode ser estendido para admitir a inclusão de funções de custo de distribuição baseadas em funções de oferta não perfeitamente elásticas;

- Sua estrutura poderia ser modificada para mercados imperfeitos, tais como monopolísticos e oligopolísticos. (Caixeta Filho; Macaulay, 1989)

#### 4.1

#### **Breve histórico do modelo de equilíbrio espacial**

A origem do modelo de equilíbrio espacial de preços pode ser traçada desde o trabalho clássico de Cournot (1838), *apud* Samuelson (1952), que estabeleceu o conceito de que o preço competitivo é determinado pela intersecção das curvas de oferta e demanda. Além disso, esse trabalho apreciou dois mercados separados espacialmente e reconheceu que os custos de transporte influenciam na determinação do preço competitivo. Enke (1951) *apud* Nagurney (2002), estabeleceu a conexão entre os problemas de equilíbrio espacial de preços com os da rede dos circuitos eletrônicos.

Samuelson (1952) foi o primeiro a demonstrar como os problemas de equilíbrio espacial entre diferentes mercados podem ser resolvidos através do uso da programação matemática. Samuelson (*op. cit.*) formulou o problema como sendo a maximização da área sob todas as curvas de excesso de demanda menos a área de todas as curvas de excesso de oferta, menos o total de custos de transporte. A maximização de todas estas áreas resulta numa solução competitiva de equilíbrio espacial.

Posteriormente, Takayama e Judge (1964) utilizaram funções lineares de oferta e demanda para estender o trabalho de Samuelson. Para tal efeito, determinaram, mediante o uso da programação quadrática, as dimensões espaciais e intertemporais da produção, preços, fator de uso e consumo. Desta maneira, eles desenvolveram um algoritmo capaz de resolver, para condições de equilíbrio espacial, o comércio de vários bens inter-relacionados em várias regiões. O algoritmo tem sido usado de forma extensa para a análise de equilíbrios espaciais, mas somente em problemas de programação quadrática relativamente pequenos. Recentemente, devido ao melhoramento e desenvolvimento de novas tecnologias, na capacidade dos computadores e de novas aplicações de computação para a solução de ditos modelos, foram ampliados os tamanhos dos modelos (Takayama, 1995).

Os modelos de equilíbrio espacial com preços endógenos têm sido utilizados de forma freqüente para problemas relacionados com a concorrência inter-regional. Também têm sido utilizados para simular o impacto das políticas de intervenção nos preços, assim como na possibilidade de excesso de oferta ou de demanda (Nagurney, 1993). O modelo permite o uso de oferta e demanda funcionalmente dependentes do preço e com diferentes graus de estruturas de mercado.

Conforme Caixeta-Filho e Macaulay (1989), o modelo de equilíbrio espacial 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. Os autores adicionalmente colocam outras vantagens, como a inclusão das elasticidades preço de oferta e demanda, que facilitam a avaliação dos efeitos das mudanças no nível de produção causados pela implementação de políticas agrícolas. Igualmente, a inserção de funções de custo de distribuição, baseadas em funções de oferta e demanda não perfeitamente elásticas; e a modificação da sua estrutura para imperfeições de mercado ampliam a versatilidade do modelo.

Waquil (1995) defende que o modelo de equilíbrio é estático e envolve equilíbrio parcial. Ao mesmo tempo, pressupõe-se que não ocorram mudanças estruturais na oferta e demanda durante a transição das situações, o que implica que quantidades e preços são gerados ao longo das funções de oferta e demanda.

Kawaguchi, Suzuky e Kaiser (1997) desenharam um modelo de equilíbrio espacial, para analisar os fluxos comerciais de leite no Japão, supondo diferentes estruturas de mercado, no qual existem compradores oligopolistas e muitos produtores de leite em pequena escala sob o regime de competência perfeita. Crammer *et al.* (1993) estudaram os impactos da liberação comercial entre os Estados Unidos, México e Canadá sob o mercado internacional de arroz. Fuller *et al.* (2003) discutiram os efeitos que teria a liberação comercial do arroz entre México e Estados Unidos para 2003. García (2000) usa um modelo de equilíbrio espacial e temporal para determinar a demanda ótima do armazenamento do milho no México. Dennis (1999) utilizou implicações do modelo de equilíbrio espacial proposto por Samuelson para analisar os custos de transporte para o carvão com destino às unidades geradoras de energia norte americanas.

Chen *et al.* (2002) desenvolveram um modelo de equilíbrio espacial de competição imperfeita para estimar o comportamento dos países no mercado internacional. Tal modelo permitiu a possibilidade de um mercado de competição imperfeita sem nenhuma pressuposição da estrutura de marketing.

O modelo proposto por Yang, Hwang e Shoong (2002) desenvolve condições para que o modelo de equilíbrio espacial de Takayama e Judge pudesse se ajustar ao modelo clássico de Cournot. Neste caso, para as funções heterogêneas de demanda e custo, a formulação de programação linear complementar foi proposta para modelar o modelo espacial de Cournot. Expandiu-se o modelo de oligopólio de Cournot para mercados separados espacialmente na estrutura de um problema paramétrico da programação quadrática com mesmo custo e condições de demanda.

Para o sistema de gás natural norte-americano, Gabriel, Manik e Vikas (2001) utilizaram o modelo de equilíbrio espacial baseado na noção de maximização total dos excedentes transportados, resultando em um programa não linear de grande escala.

Esses modelos podem expandir-se para a incorporação de países multi-importadores, multi-exportadores e multi-produtos, utilizando o transporte multimodal, assim como para diversas estruturas de mercado. Também são úteis para simular o impacto que tem nos mercados a aplicação de políticas de comércio internacional, tais como cotas, subsídios, tarifas, entre outros.

## **4.2**

### **Análise do bem-estar em equilíbrio espacial**

A análise de equilíbrio espacial trata a questão específica do equilíbrio de mercado para um determinado produto em certa região e período. Para isto, considera-se que os agentes atuam de forma eficiente, avaliando dois tipos de agentes. De um lado, os consumidores buscam otimizar as suas preferências sujeitos às suas restrições orçamentárias. De outro lado, os produtores buscam maximizar as suas receitas, sujeitos aos custos de produção. Como resultado desse processo simultâneo de maximização dos agentes, são obtidos os preços e as quantidades de equilíbrio que correspondem à situação de máximo bem-estar social num certo mercado (Waquil, 1999).

### 4.3 O excedente do consumidor e do produtor

Segundo Samuelson (1952), o equilíbrio de mercado pode ser alcançado pela maximização da função *Net Social Payoff*, obtida a partir da soma dos excedentes do consumidor e do produtor.

O excedente do consumidor (EC) é a quantia que os compradores estariam dispostos a pagar por um bem, menos o valor que eles pagam. O EC corresponde à área abaixo da curva de demanda e acima da linha de preço. A Figura 20 descreve o excedente do consumidor.

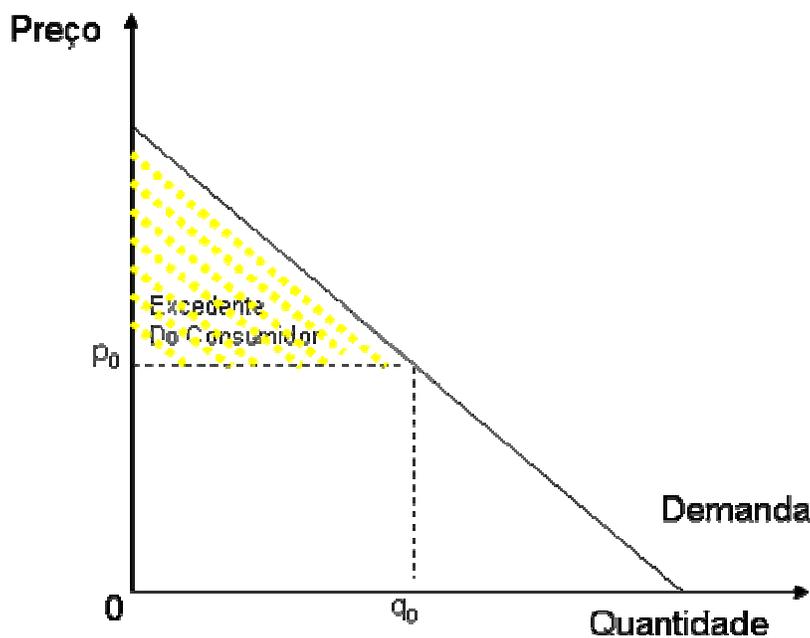


Figura 20 - Excedente do Consumidor.

O excedente do consumidor pode ser calculado a partir da seguinte expressão:

$$EC = \int_0^{q_0} P^d(q) dq - p_0 q_0$$

Onde  $P^d(q)$  representa a função demanda inversa. A parte de expressão com a integral representa o ganho total dos consumidores à medida que eles compram a quantidade  $q_0$ . O termo  $p_0 q_0$  equivale ao valor pago pela quantidade  $q_0$ .

Neste sentido, o EC corresponde ao ganho líquido dos consumidores ao comprar a quantidade  $q_0$ .

Já o excedente do produtor (EP) é a quantia recebida pelos produtores, menos a quantia gasta na produção equivalente à área acima da curva de oferta e abaixo da linha de preço (Figura 21).

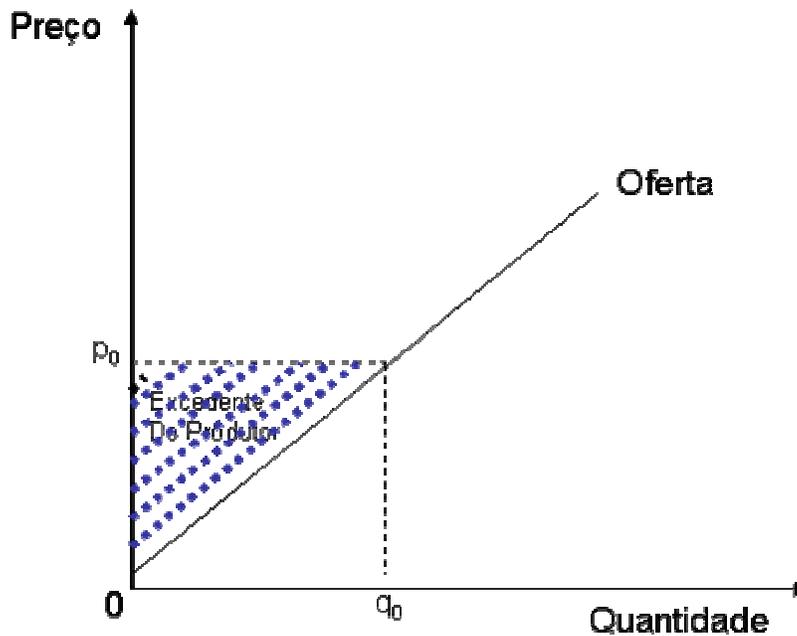


Figura 21 - Excedente do Produtor

O EP pode ser calculado a partir da seguinte expressão:

$$EP = p_0 q_0 - \int_0^{q_0} P^s(q) dq$$

Onde  $P^s(q)$  representa a função de oferta inversa. A expressão  $p_0 q_0$  equivale ao montante que os produtores recebem ao vender seu produto (receita total). Já a integral representa o custo de produzir  $q_0$  unidades do bem.

A partir da soma dos excedentes dos consumidores e dos produtores obtém-se o excedente total. Quando se maximiza o excedente total, se está determinando as condições de equilíbrio onde existe uma alocação eficiente e, portanto, maximizando o bem-estar de ambos os agentes. Embora produtores e consumidores busquem diferentes posições no mercado a fim de maximizar os seus excedentes, produtores procurando maiores preços e consumidores menores

preços, o máximo de bem-estar é obtido quando é impossível melhorar a posição de um agente sem piorar a do outro. No equilíbrio de mercado não existe excesso de oferta e de demanda, pois o preço de equilíbrio garante que toda a quantidade produzida seja consumida (Figura 22).

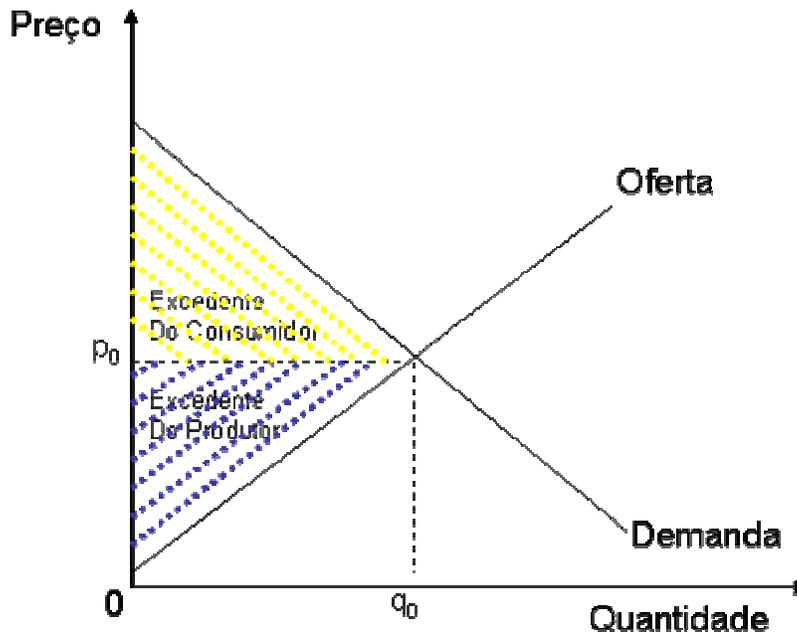


Figura 22 - Excedente Total

Matematicamente pode-se representar o excedente total a partir da seguinte expressão:

$$ET = EC + EP$$

$$ET = \left( \int_0^{q_0} P^d(q) dq - p_0 q_0 \right) + \left( p_0 q_0 - \int_0^{q_0} P^s(q) dq \right)$$

$$ET = \int_0^{q_0} P^d(q) dq - \int_0^{q_0} P^s(q) dq$$

#### 4.4 Modelo de equilíbrio espacial

O modelo de equilíbrio espacial de preços assume que existe produção e consumo em várias localidades separadas espacialmente, que são interligadas por

uma rede de transportes. Diferentes caminhos podem existir entre o local de produção e o de consumo. O problema é determinar os preços de oferta, os preços de demanda e os fluxos comerciais, satisfazendo as seguintes condições de equilíbrio:

- o preço da demanda é igual ao preço de oferta mais o custo de transporte, se existir comercialização entre o par de mercados de oferta e demanda;
- o preço de demanda é menor que o preço de oferta mais o custo de transporte, se não existir comércio entre o mencionado par de mercados.

Este problema considera que em cada mercado de oferta existem várias firmas com tecnologias similares, tentando maximizar o seu próprio lucro, mas a competição entre elas faz com que nenhuma obtenha um lucro positivo no equilíbrio (Nagurney, 2002). Pode-se afirmar que os modelos de equilíbrio espacial de preços têm sido os mais usados na agricultura, embora diversas outras metodologias tenham sido propostas, como o insumo-produto e o modelo de equilíbrio geral.

As condições de equilíbrio espacial de preços sem custos de transporte, para *commodities*, devem ser vistas na Figura 23, onde P corresponde ao preço e Q a quantidade.

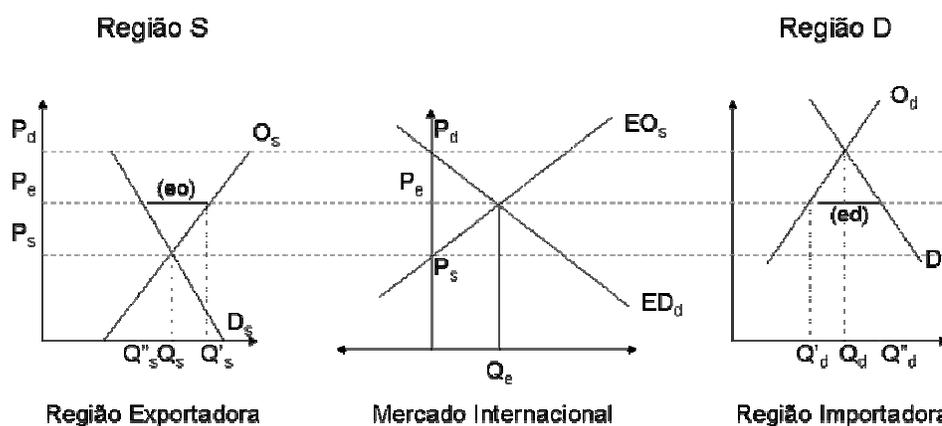


Figura 23 - Equilíbrio de mercado entre duas regiões sem fluxo comercial inicial.  
Fonte: Ojima (2004).

A quantidade de *commodity* negociada é igual ao excesso de oferta (eo) na região de exportação, enquanto a quantidade importada é igual ao excesso de

demanda (ed) no preço de equilíbrio, assumindo que o custo de transporte é igual a zero entre as duas regiões.

As condições de equilíbrio espacial com custos de transporte ligados às regiões de exportação e importação podem ser vistas na Figura 24. A diferença de preços entre as duas regiões de importação e exportação é igual ao custo de transporte, sendo este custo é compartilhado pelas regiões de exportação e importação, de acordo com as respectivas elasticidades de cada região.

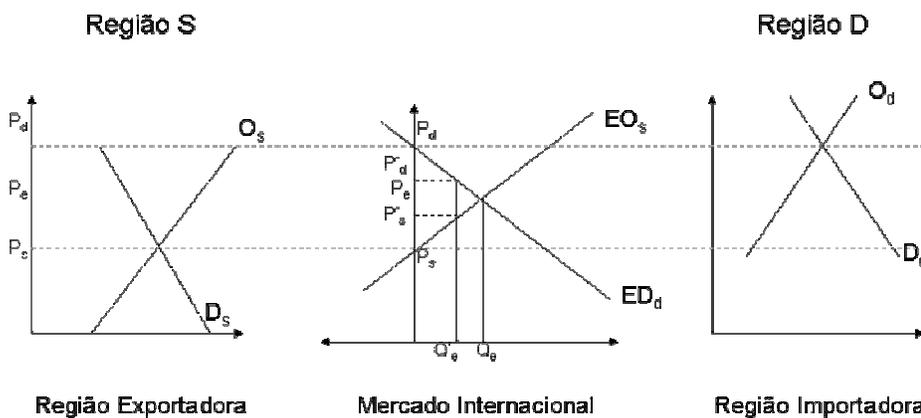


Figura 24 - Equilíbrio de mercado entre duas regiões com custo de transporte.  
Fonte: Ojima (2004).

Os modelos de equilíbrio estendem os problemas de transporte, ao invés de fixar níveis de demanda e de oferta, tornando estas funções dependentes do preço.

O modelo utiliza funções lineares de demanda e oferta. A demanda da  $i$ -ésima região está dada pela equação:

$$P_{di} = d_i(Y_{di}) = \alpha_{di} - \beta_{di}Y_{di} \quad (4.4.1)$$

Onde,

$P_{di}$  = Preço da demanda na região  $i$ ,

$Y_{di}$  = Quantidade demandada com preço  $P_{di}$  na região  $i$ .

A função de oferta para a  $i$ -ésima região é definida por:

$$P_{si} = s_i(X_{si}) = \alpha_{si} + \beta_{si}X_{si} \quad (4.4.2)$$

Onde,

$P_{si}$  = Preço de oferta na região  $i$ ,

$X_{si}$  = Quantidade ofertada com preço  $P_{si}$  na região  $i$ .

De modo que:

$$\frac{\partial(P_{di}(Y_{di}))}{\partial(Y_{di})} \leq 0 \quad (4.4.3)$$

$$\frac{\partial(P_{si}(X_{si}))}{\partial(X_{si})} \geq 0 \quad (4.4.4)$$

A função de bem-estar social para cada região está definida como a área entre as curvas de demanda e de oferta à esquerda do ponto de equilíbrio.

$$W_i(X_{si}^*, Y_{di}^*) = \int_0^{Y_{di}^*} P_{di}(Y_{di}) dY_{di} - \int_0^{X_{si}^*} P_{si}(X_{si}) dX_{si} \quad (4.4.5)$$

Onde:

$X_{si}^*$  = Quantidade produzida na região  $i$ ;

$Y_{di}^*$  = Quantidade consumida pela região  $i$ .

O total da função do bem-estar líquido (NW) se obtém mediante a soma das funções de bem-estar em cada região, menos o total dos custos de transporte.

$$NW = \sum_{i=1}^n W_i(X_{si}^*, Y_{di}^*) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} T_{ij} \quad (4.4.6)$$

Onde:

$C_{ij}$  = O custo de transporte da região  $i$  à região  $j$ ;

$T_{ij}$  = A quantidade transportada da região  $i$  à região  $j$ .

A equação (4.4.6) se maximiza a partir de um conjunto de restrições de equilíbrio de ofertas e demandas entre as diferentes regiões.

Restrição de equilíbrio de demanda:

$$Y_{di} \leq \sum_{j=1}^m T_{ij} \quad \forall i \quad (4.4.7)$$

As restrições de demanda requerem que a quantidade demandada pela região  $i$  seja menor ou igual à soma da quantidade transportada que provêm das regiões ofertantes.

Restrição de equilíbrio de oferta:

$$X_{si} \geq \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad \forall i \quad (4.4.8)$$

As restrições de oferta requerem que a quantidade produzida pela região  $i$  seja maior ou igual às quantidades transportadas às regiões demandantes.

O modelo matemático que determina o nível de produção ( $X_{si}$ ) e consumo ( $Y_{di}$ ), o preço de comercialização em cada região e a quantidade comercializada entre as regiões ( $T_{ij} \ i \neq j$ ) pode, então, ser representada por:

$$MaxNW = \sum_{i=1}^n \left( \int_0^{Y_{di}^*} P_{di}(Y_{di}) dY_{di} - \int_0^{X_{si}^*} P_{si}(X_{si}) dX_{si} \right) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} T_{ij} \quad (4.4.9)$$

s.a.

$$Y_{di} - \sum_{j=1}^n T_{ij} \leq 0 \quad \forall i$$

$$-X_{si} + \sum_{j=1}^n T_{ij} \leq 0 \quad \forall i$$

$$Y_{di}, X_{si}, T_{ij} \geq 0 \quad \forall i \text{ e } j.$$

A condição necessária para a existência de uma solução factível em (4.4.9) ocorrerá se as funções de demanda tiverem inclinação negativa e as funções de oferta tiverem uma inclinação positiva.

O Lagrangeano associado ao problema de maximização é:

$$L = \sum_{i=1}^n \left[ \int_0^{Y_{di}^*} P_{di}(Y_{di}) dY_{di} - \int_0^{X_{si}^*} P_{si}(X_{si}) dX_{si} \right] - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} T_{ij} + \sum_{i=1}^n \lambda_{di} \left[ Y_{di} - \sum_{j=1}^n T_{ij} \right] + \sum_{i=1}^n \psi_{si} \left[ \sum_{j=1}^n T_{ij} - X_{si} \right] \\ Y_{di}, X_{si}, T_{ij}, \lambda_{di}, \psi_{si} \geq 0. \quad (4.4.10)$$

Onde  $\lambda_{di}$  e  $\psi_{si}$  são os multiplicadores de Lagrange associados com as restrições de oferta e demanda.

A natureza dessa solução e o equilíbrio se obtém ao pesquisar as partes relevantes das condições de Karush-Kuhn-Tucker:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial Y_{di}} = P_{di} + \lambda_{di} = 0; & \quad \lambda_{di} \left[ Y_{di} - \sum_{j=1}^n T_{ij} \right] = 0; & \quad \lambda_{di} \geq 0 \\ \frac{\partial L}{\partial X_{si}} = -P_{si} + \psi_{si} = 0; & \quad \psi_{si} \left[ -X_{si} + \sum_{j=1}^n T_{ij} \right] = 0; & \quad \psi_{si} \geq 0 \\ \frac{\partial L}{\partial T_{ij}} = -C_{ij} + \lambda_{di} - \psi_{si} = 0; & & \end{aligned}$$

#### 4.5 A ferramenta GAMS

Nas últimas décadas houve um grande avanço no desenvolvimento de programas e pacotes computacionais voltados para a solução de problemas de otimização, como MINOS, LINDO, CPLEX, CONOPT, AIMMS. Esses pacotes foram criados com base no desenvolvimento de diversos algoritmos e técnicas para a solução de problemas de programação inteira e mista. Com o advento da linguagem de modelação GAMS (Brooke *et al.*, 1998), os processos de formulação dos problemas e de processamento desses pacotes computacionais se tornaram extremamente facilitados. Além disso, o desenvolvimento vertiginoso dos computadores propiciou a solução de problemas cada vez maiores, com tempos de processamento cada vez mais reduzidos.

Há cerca de dez anos, foi criada a linguagem voltada para a programação matemática e a formulação de problemas de otimização. Essa é uma forma muito prática e direta de se criar interfaces entre o usuário e o pacote de otimização, na medida em que permite definir o modelo e a entrada de dados de uma maneira muito intuitiva e seguindo basicamente a notação matemática utilizada na descrição desses problemas.

O GAMS foi especificamente idealizado para a modelagem de problemas de programação linear, não-linear e programação inteira e mista. A ferramenta é útil na solução de problemas complexos e de grande porte, e podem ser utilizados em microcomputadores, estações de trabalho e computadores de grande porte.

A linguagem foi desenvolvida com o propósito de atender aos seguintes requisitos:

- ✓ Produzir uma linguagem de alto nível voltada para a representação compacta e adequada de modelos complexos e de grande porte;

- ✓ Permitir que as mudanças no modelo sejam feitas de forma simples e segura;
- ✓ Não permitir declarações ambíguas das relações algébricas;
- ✓ Permitir que o processo de elaboração de modelos possa ser independente dos pacotes de otimização a serem utilizados.

O desenvolvimento do GAMS incorporou as idéias derivadas da teoria de banco de dados relacionais e da programação matemática, com o objetivo de mesclar essas idéias de forma a atender as necessidades estratégicas dos modeladores. A teoria sobre banco de dados forneceu o arcabouço necessário para desenvolvimento das estruturas de organização, armazenamento e transformação dos dados em geral. A programação matemática deu o suporte necessário aos processos de formulação e descrição do problema e contribuiu com uma variedade de métodos para sua solução. Os seguintes princípios foram utilizados na elaboração da linguagem:

- ✓ Possíveis alterações nos algoritmos dos pacotes de otimização não devem exigir alterações em modelos existentes elaborados como o GAMS;
- ✓ O problema de otimização deve poder ser equacionado independentemente dos dados utilizados. Esta separação entre lógica e dados permite que o problema possa aumentar de tamanho sem aumentar a complexidade de sua representação;
- ✓ O uso da modelagem relacional de dados faz com que os recursos computacionais sejam alocados de forma automática. Isto resulta que o usuário não precisa se preocupar com detalhes sobre armazenamento de dados, como tamanho de matrizes e vetores.

Por essas razões, o GAMS visa facilitar e agilizar a elaboração e manipulação de modelos de otimização. Os modelos podem ser escritos e alterados facilmente. Os dados podem ser armazenados em arquivos texto e/ou em estruturas de banco de dados ou planilhas eletrônicas. Os resultados podem ser visualizados e/ou exportados para editores de texto ou planilhas. Além disso, de acordo com as características de cada problema, podem ser utilizados diversos pacotes de otimização para solução de um mesmo modelo.

## 4.6 Metodologia para solução de PNL: MINOS

O modelo desenvolvido neste estudo utilizou o pacote computacional MINOS (Murtagh; Saunders, 1983 *apud* Brooke *et al.*, 1997) para resolver os problemas de otimização propostos. Esse programa, escrito em Fortran, é destinado a resolver problemas de otimização de grande escala. O software foi desenvolvido pelo laboratório de Otimização de Sistemas da Universidade de Stanford, Califórnia, e permite a solução de problemas de programação linear e não linear, segundo a seguinte formulação básica:

$$\text{Minimizar}_{x,y} : F(x) + c^T x + d^T y \quad (4.6.1)$$

Sujeito a :

$$f(x) + A_1 y = b_1 \quad (4.6.2)$$

$$A_2 x + A_3 y = b_2 \quad (4.6.3)$$

$$l \leq \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \leq u \quad (4.6.4)$$

Onde os vetores  $c$ ,  $d$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $l$ ,  $u$  e as matrizes  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$  são constantes,  $F(x)$  é uma função escalar contínua e  $f(x)$  é um vetor de funções contínuas.

As componentes de  $x$  são chamadas variáveis não-lineares e as componentes de  $y$  são as variáveis lineares. Analogamente, as equações em (4.6.2) são as chamadas restrições não-lineares e as equações em (4.6.3) são as restrições lineares. As equações (4.6.2) e (4.6.3) representam a totalidade das restrições do problema. As restrições representadas por (4.6.4) indicam os limites superiores e inferiores de todas as variáveis.

Nos casos em que as funções  $F(x)$  e  $f(x)$  não existem, o problema se resume a uma aplicação de Programação Linear (PL). Nesses casos, o MINOS utiliza o método Simplex para solução do problema. Quando os aspectos não-lineares estão confinados à função  $F(x)$  da função-objetivo, tem-se um problema de Programação Não-Linear (PNL) com restrições lineares. O MINOS resolve este tipo de problema utilizando o método gradiente reduzido em combinação com o método quasi-Newton. Quando o problema contém restrições não-lineares,

o MINOS usa o método Lagrangiano aumentado. Todos esses métodos são descritos em Mays (1996) e Hiller e Lieberman (1995).

Dessa forma, o MINOS é um programa apto a resolver uma grande variedade de problemas de otimização linear e não-linear. Essa flexibilidade é muito importante na procura de soluções de problemas de competitividade inter-regional em produtos agrícolas, onde os aspectos não lineares podem aparecer tanto na função objetivo como nas restrições.

#### **4.7 Metodologia para análise da competitividade**

Em 1985 foi lançado um novo conceito para a competitividade das empresas, o conceito da vantagem competitiva (Porter, 1997). Por este conceito, distinguem-se apenas duas formas das empresas se diferenciarem de suas concorrentes, apresentando uma vantagem competitiva: a diferenciação ou os baixos custos. Uma terceira dimensão a ser considerada, afetando a diferenciação ou os baixos custos é o escopo, ou seja, a gama de segmentos de mercado visado pela empresa. A função deste modelo conceitual é o fornecimento de elementos para a formulação de estratégias de gestão da competitividade dos estados.

O conceito de competitividade em cadeias produtiva agropecuárias pode ser derivado a partir do conceito estabelecido por Porter, considerando a *commodity* da soja em grão competindo no mercado consumidor de produtos agropecuários. Para o caso dessa *commodity*, face a não diferenciação do produto final, a competitividade é principalmente estabelecida por baixos custos, que permitem uma lucratividade, mesmo quando os preços dos produtos estiverem relativamente baixos. Isto significa uma eficiência fora da porteira da fazenda.

Pode-se dizer que competitividade é a capacidade da empresa formular e implementar estratégias concorrenciais que lhe permitam ampliar ou conservar de forma duradoura uma posição sustentável no mercado (Ferraz et al. 1996). Finalmente, segundo Bowersox e Closs (2001), a logística é baseada em um dos caminhos pelo qual apresentam soluções e favorecem resultados e de proposição de ações e, estratégias significativas para a competitividade.

A análise da competitividade da soja em grãos do Estado de Tocantins em relação aos Estados do Maranhão e Piauí será feita considerando os custos logísticos nas atividades de transporte e armazenagem por tonelada destinada à exportação. Isto é, o Estado mais competitivo será aquele que possui o menor custo logístico. O custo logístico será calculado até os pontos de embarque marítimo, Porto de Itaquí (MA) e Porto Vila do Conde (PA)

Foram, também, criados quatro cenários alternativos para a movimentação da soja, tendo como base o estudo da Geipot (1999) no que se refere a corredores estratégicos de desenvolvimento, especificamente para o transporte de soja da região centro de Tocantins. Nesse sentido, consideram-se os seguintes cenários:

- Cenário 1: situação atual do sistema de transporte dos estados: Tocantins, Maranhão e Piauí;
- Cenário 2: implantação da Hidrovia Tocantins planejada para o transporte da região tocaninense para o Porto Vila do Conde (PA);
- Cenário 3, implantação da Hidrovia Tocantins ligando a região tocaninense até o ponto de transbordo Estreito (MA);
- Cenário 4, expansão da Ferrovia Norte-Sul: Estreito (MA) - Guaráí (TO).