



**O ESCOAMENTO DA SOJA EM GRÃO DO MATO GROSSO PARA EXPORTAÇÃO PELOS PORTOS DE SANTOS, PARANAGUÁ E ITAQUI: UMA APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR**

[andradepinheiro@gmail.com](mailto:andradepinheiro@gmail.com)

*APRESENTAÇÃO ORAL-Comercialização, Mercados e Preços*  
MARIA ANDRADE PINHEIRO; JOSÉ VICENTE CAIXETA FILHO.  
*ESALQ/USP, PIRACICABA - SP - BRASIL.*

**O escoamento da soja em grão do Mato Grosso para exportação pelos portos de Santos, Paranaguá e Itaqui: uma aplicação de programação linear**

**Grupo de Pesquisa: Comercialização, Mercados e Preços**

**Resumo**

O Estado do Mato Grosso é o principal produtor de soja no país. Por localizar-se no Centro-Oeste brasileiro a soja precisa passar por um longo processo logístico para atingir os mercados consumidores nacionais e internacionais. A soja a ser exportada segue, na sua maioria, pelo modal rodoviário até atingir os portos e seguirem para os mercados consumidores. Muito tem se discutido sobre a viabilidade de se exportar pelo Porto de Itaqui que está mais próximo de mercados como Europa e Ásia. Desta forma, o presente estudo tem o objetivo de estudar as rotas de escoamento da soja mato-grossense pelos portos de Paranaguá, Santos e Itaqui considerando apenas o modal rodoviário. Foram traçados dois cenários, o primeiro colocou uma restrição de demanda por porto destino e os resultados apontaram que Santos é a rota mais indicada para a maioria das microrregiões do Mato Grosso. No segundo cenário em que se limitou a quantidade exportada total sem discriminar o porto, Paranaguá tornou-se a rota mais viável. Em ambos os casos o Porto de Itaqui exportaria apenas a soja proveniente da microrregião do Norte Araguaia.

**Palavras-chaves:** soja, Mato Grosso, Itaqui, Santos e Paranaguá.

**Abstract**

The state of Mato Grosso is the largest producer of soybeans in the country. It is located in the Midwest soybean country needs to go through a long process to achieve the logistical national and international consumer markets. The following soybeans to be exported, mostly by modal road to reach the ports and to follow the consumer markets. Much has been discussed on the feasibility of exporting the Port of Itaqui which is closer to markets like Europe and Asia. Thus, this study aims to examine the routes for the disposal of the soybean-Grosso kill the ports of Paranagua, Santos and Itaqui considering only the modal road. Were outlined two scenarios, the first put a restriction on demand for port destination and the results showed that Santos is the most appropriate route for most micro of Mato

Grosso. In the second scenario in which it limited the total quantity exported without discriminate the port, Paranagua has become the route more viable. In both cases the Port of Itaqui export only to soybean from the micro North Araguaia.

**Key Words:** soybean, Mato Grosso, Itaqui, Santos and Paranagua.

## 1. Introdução

O Estado do Mato Grosso localizado no Centro-Oeste do país se destaca como um grande produtor de soja no cenário nacional. No ano 2007, segundo dados da Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE, plantou 5.075.079 hectares que representa 24,61% de toda área plantada de soja do país e produziu 15.274.887 toneladas de soja que corresponde a 26,32% de toda a soja produzida no país nesse ano.

A soja mato-grossense tem como destino tanto o mercado externo como o interno. Conforme o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio o Brasil exportou 23.740.450 toneladas de soja no ano 2007, sendo que 6.822.163 toneladas de soja tem como origem o Estado do Mato Grosso, ou seja, 29% das exportações de soja brasileira são mato-grossenses. Assim de toda a soja produzida no Mato Grosso 45% tem como destino o mercado externo e 55% o mercado interno.

Por estar localizada na parte mais central do país, a soja mato-grossense precisa passar por um longo processo logístico de escoamento até chegar aos portos e assim seguir para o mercado externo.

No ano 2007 esse escoamento ocorreu por 10 portos diferentes sendo eles Santos/SP (2.351.490 toneladas), Manaus/AM (1.405.518 toneladas), Vitória/ES (783.936 toneladas), Paranaguá/PR (692.472 toneladas), Santarém/PA (687.314 toneladas), São Francisco do Sul/SC (605.309 toneladas), Cáceres/MT (145.190 toneladas), Maranhão/MA (131.450 toneladas), Porto Murtinho/MS (9.803 toneladas) e Rio Grande/RS (9.681 toneladas).

Muitas discussões têm sido realizadas no cenário logístico quanto a melhor rota a ser utilizada para a exportação da soja mato-grossense. Apesar do Porto de Santos e Paranaguá se apresentarem como as rotas preferidas, ambos escoam 19% da produção nacional, muito tem se falado das vantagens de se exportar pelo Porto de Itaqui no Maranhão.

A localização do Porto de Itaqui, segundo Vieira (1992) privilegia – o por estar mais próximo dos mercados europeus e asiáticos em relação aos outros portos brasileiros como o de Santos (SP), Paranaguá (PR) ou Rio Grande (RS).

Este porto além do estado maranhense, segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários, possui área de influência nos estados do Tocantins, sudoeste do Pará, norte de Goiás e nordeste do Mato Grosso. Por conta dessas características é que tem se apresentado como uma boa opção para o escoamento da produção do Centro-Oeste e parte do Nordeste.

Além disso, segundo Costa e Caixeta Filho (2000) a localização dos novos plantios da soja em regiões mais setentrionais permitem a redução da distância até o porto de destino final, pois se localizam mais próximos dos portos consumidores principalmente os da Europa. O investimento em portos como o de Itaqui – MA e nas vias de escoamento no

Norte do país permite que a soja faça apenas o traslado Norte-Sul reduzindo o trajeto total.

Considerando a possibilidade de se exportar a soja por um porto diferente do de Santos esse trabalho tem por objetivo estudar o custo de frete rodoviário de se levar a soja mato-grossense para o Porto de Paranaguá que é o segundo destino nacional e de Itaquí utilizando a metodologia de programação linear. Para tanto será considerada uma função de minimização do custo de frete rodoviário para esses portos sujeito a quantidade exportada (demanda) e quantidade produzida (oferta) por cada microrregião mato-grossense.

Este artigo terá cinco seções considerando esta introdução. Na segunda seção descreve-se o Estado do Mato Grosso, o cultivo da soja, a logística de transporte e os portos que escoam a produção mato-grossense. Na próxima o material e método a serem utilizados destacando a metodologia de programação linear e trabalhos que utilizaram a metodologia, na quarta os principais resultados encontrados e por último as considerações finais.

## 2. O Estado do Mato Grosso

O Estado do Mato Grosso localiza-se na região Centro-Oeste do Brasil e faz fronteira com os Estados de Rondônia, Amazonas, Pará, Tocantins, Goiás e Mato Grosso, além da Bolívia. Segundo Figueiredo (2003) o Estado é a terceira Unidade Federativa em superfície com 903.357,908 Km<sup>2</sup>, ficando atrás apenas do Amazonas e do Pará, sendo boa parte das terras situadas na Amazônia Legal.

Atualmente sua divisão geográfica compreende cinco Mesorregiões Geográficas e vinte e duas Microrregiões Geográficas. A Tabela 1 apresenta as Mesorregiões com as suas respectivas Microrregiões.

Tabela 1 – Mesorregião e Microrregião geográfica do Estado do Mato Grosso

Mesorregião	Microrregião
Norte Mato-grossense	Aripuanã
	Alta Floresta
	Colíder
	Parecis – MT
	Arinos – MT
	Alto Teles Pires – MT
	Sinop – MT
Nordeste Mato-grossense	Paranatinga – MT
	Norte Araguaia – MT
	Canarana – MT
Sudoeste Mato-grossense	Médio Araguaia – MT
	Alto Guaporé – MT
	Tangará da Serra – MT
Centro Sul Mato-grossense	Jauru – MT
	Alto Paraguai – MT

	Rosário Oeste – MT
	Cuiabá – MT
	Alto Pantanal – MT
Sudeste Mato-grossense	Primavera do Leste – MT
	Tesouro – MT
	Rondonópolis – MT
	Alto Araguaia – MT

Fonte: elaboração da autora.

A economia mato-grossense se baseia no setor primário, sendo que agropecuária é uma das principais atividades do Estado. Segundo Figueiredo (2003) a partir da década de 1970 ocorreram incentivos fiscais que implantaram grandes projetos agropecuários que foram responsáveis por algumas transformações na organização produtiva mato-grossense. A agricultura de subsistência e a pecuária extensiva foram substituídas por uma agricultura moderna e pecuária especializada.

Mesmo com a especialização da pecuária a agricultura vem substituindo-a desde a década de 1990. As principais culturas do Estado são a soja, milho, algodão herbáceo e arroz. A Tabela 2 apresenta a área plantada, área colhida, quantidade produzida e produtividade das principais culturas do Estado para o ano 2007.

Conforme os dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE apresentados na Tabela 2 dentre essas commodities a soja merece destaque. No ano 2007 produziu mais de 15 milhões de toneladas de soja e ocupou 5.075.079 hectares, o que representou 66% de toda a área plantada e colhida de lavoura temporária do Estado.

Tabela 2 – Área plantada, área colhida, quantidade produzida e produtividade de algumas lavouras no Estado do Mato Grosso

	Área Plantada (ha)	Área Colhida (ha)	Quantidade (t)	Produtividade (kg/ha)
Soja	5.075.079	5.075.079	15.274.887	2.815
Milho	1.650.471	1.648.671	6.130.082	3.751
Algodão	560.838	560.838	2.204.457	3.659
Arroz	275.728	274.928	707.167	3.824
Sorgo	98.263	97.163	182.138	2.173
Amendoim	4.380	4.380	9.166	2.187
Trigo	660	660	1.530	2.216
Mamona	1.425	1.345	895	602

Fonte: elaboração da autora.

Apesar do excelente desempenho da cultura a soja no Estado, essa não se distribui igualmente pelo território. A Tabela 3 apresenta a quantidade produzida de soja no período de 2001 a 2007 dividido por microrregião mato-grossense.

Tabela 3 – Quantidade produzida de soja por microrregião no período de 2000 a 2007

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Alto Teles Pires	3.854.981	4.351.634	4.611.603	5.629.699	5.275.448	5.108.445
Parecis	2.912.223	3.095.515	3.119.393	3.901.705	3.303.762	3.313.297
Canarana	848.675	1.018.966	1.162.437	1.449.965	1.344.829	1.368.278
Rondonópolis	908.158	847.643	1.078.837	1.015.575	862.830	1.031.209
Primavera do Leste	1.055.871	1.118.526	1.165.841	1.103.216	933.160	987.080
Sinop	257.370	359.056	639.382	1.031.667	960.887	797.718
Arinos	328.850	341.456	503.581	727.237	712.637	613.318
Tesouro	486.345	488.687	594.072	624.349	478.081	579.212
Alto Araguaia	472.548	533.047	480.257	551.728	412.712	345.572
Aripuanã	234.600	268.064	340.237	489.065	360.096	249.000
Paranatinga	52.663	121.163	216.246	267.060	190.676	229.150
Norte Araguaia	39.681	67.379	115.709	301.561	219.649	196.404
Tangará da Serra	93.475	102.075	135.357	231.497	172.029	144.750
Alto Paraguai	79.659	89.414	102.044	112.357	104.529	74.511
Cuiabá	21.871	65.568	90.825	109.995	80.382	72.386
Alto Guaporé	1.507	13.541	17.730	39.368	43.705	54.639
Médio Araguaia	9.360	31.304	56.321	57.693	59.775	48.247
Colíder	21.600	38.709	58.383	73.468	41.645	33.579
Jauru	1.400	4.729	8.732	16.999	16.042	14.883
Alto Pantanal	-	120	2.478	9.894	11.320	7.500
Rosário Oeste	1.260	3.600	12.408	12.474	5.482	5.709
Alta Floresta	2.788	5.787	6.039	4.872	4.545	-

Fonte: elaboração da autora.

As principais regiões produtoras são Alto Teles Pires, Parecis, Canarana, Rondonópolis, Primavera do Leste e Sinop que produziram 83% de toda a soja matogrossense.

Essas microrregiões localizam-se em diferentes mesorregiões do Estado, ou seja, estão a diferentes distâncias dos mercados consumidores da soja. Assim, deve-se ter uma boa logística para efetuar a comercialização da soja do Mato Grosso.

## 2.1 Logística de transporte da soja

A soja mato-grossense tem como destino tanto o mercado interno como o mercado externo. Como enfatizado anteriormente no ano 2007 45% da soja nacional teve como destinos os Portos brasileiros para serem comercializadas no mercado externo.

Até chegarem aos portos a soja segue basicamente pelo modal rodoviário que é mais caro e ineficiente para o transporte de carga desse gênero. Segundo um depoimento de Caixeta Filho em Stuaní (2002)<sup>1</sup> apud Figueiredo, Leite e Caixeta Filho (2005) um dos gargalos no transporte de cargas agrícolas encontra-se justamente na falta de intermodalidade do meios de transporte, ou seja, seria necessário ao país investir mais em terminais de transferências de cargas. Isso prejudica a logística do setor, pois torna ineficiente as etapas de carregamento, transporte e descarregamento dos produtos.

A logística de transporte de cargas no Mato Grosso é um grande gargalo dentro da cadeia dos setores agrícolas. Conforme Figueiredo, Leite e Caixeta Filho (2005) além do Estado do Mato Grosso utilizar predominantemente o modal rodoviário no transporte de cargas agrícolas, a péssima condição dessa malha rodoviária acrescido de outros fatores prejudica a etapa de comercialização prejudicando o desenvolvimento do Estado.

O modal mais indicado para o transporte de cargas como a soja é o ferroviário, mas o país não foi um grande incentivador desse tipo de modal. A participação das linhas férreas no transporte desse tipo de carga ainda é pouco expressiva se comparado com o transporte rodoviário. Desta forma, este trabalho irá considerar apenas o modal rodoviário para o escoamento da produção aos portos de Itaquí, Paranaguá e Santos.

### 2.1.1 Portos

Os portos possuem destaque no processo de comercialização. Segundo Lima, Branco e Caixeta Filho (2005) esses desempenham papel de concentradores de volumes de cargas e intermediários no processo de exportação com destaque na participação da cadeia logística do comércio exterior como facilitadores da comercialização.

Especificamente para o transporte da soja podemos destacar os portos marítimo e hidroviários de Santos/SP, Manaus/AM, Vitória/ES, Paranaguá/PR, Santarém/PA, São Francisco do Sul/SC, Cáceres/MT, Maranhão/MA, Porto Murtinho/MS e Rio Grande/RS.

A Tabela 4 apresenta o volume total exportado de soja brasileira e, especificamente, soja mato-grossense por esses portos no ano 2007.

Tabela 4 – Exportação de soja mato-grossense e total brasileira em toneladas por diferentes portos no ano 2007

Porto	Mato Grosso	Brasil
-------	-------------	--------

<sup>1</sup> STUANI, R. Caminhos da soja se expandem do sudeste à Amazônia. **Estado de São Paulo**. São Paulo, 22 set. 2002. p.G-4.

Santos – SP	2.351.490	4.546.229
Manaus – AM	1.405.518	1.557.486
Vitória – ES	783.936	2.482.231
Paranaguá – PR	692.472	4.503.797
Santarém – PA	687.314	835.727
São Francisco do Sul – SC	605.309	2.409.618
Cáceres – MT	145.160	145.160
Maranhão – MA	131.450	1.446.811
Porto Murinho – MS	9.803	56.911
Rio Grande - RS	9.681	5.276.064

Fonte: Secex.

Este trabalho se restringirá aos Portos de Santos e Paranaguá por serem rotas tradicionais para o escoamento da produção e Itaqui no Maranhão em decorrência dos atuais debates sobre a viabilidade de se escoar a produção do Mato Grosso por essa rota.

#### 2.1.1.1 Porto de Itaqui

O Porto de Itaqui está situado na Baía de São Marcos, em São Luís, no Maranhão. Conforme a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) o porto, além do Maranhão, possui área de influência nos estados do Tocantins, sudoeste do Pará, norte de Goiás e nordeste do Mato Grosso. Desta forma, segundo o DNIT, têm-se tornado uma boa opção para o escoamento da produção de todo o centro-oeste brasileiro e de parte do nordeste, através da integração junto às ferrovias Carajás e Norte-Sul.

Possui, conforme a ANTAQ, uma extensão de 1.616 m de cais acostável distribuídos em sete trechos distintos denominados berços e o calado varia de 9 m a 21,5 m. Possui um armazém de carga geral com capacidade de 6.000 toneladas e área de 7.500 m<sup>2</sup>, quatro pátios para armazenagem descoberta com área total de 42.000 m<sup>2</sup> e treze silos com uma capacidade total de armazenagem 27.200 toneladas de grãos. Além disso, há 28 tanques para depósito que comporta 81.000 toneladas de combustível, pertencentes à Petrobrás, Texaco, Shell, Atlantic e Granel Químico.

Em média, segundo o DNIT, 50 navios atracam em Itaqui todos os meses. Entre os principais produtos importados destacam-se: combustíveis, GLP, fertilizantes, entre outros. Já na exportação, há maior movimentação de alumínio, ferro gusa, minério de ferro, soja e minério de manganês.

#### 2.1.1.2 Porto de Paranaguá

O Porto de Paranaguá juntamente com o de Antonina é administrado pela Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) e localiza-se no Estado do Paraná. Segundo Bulhões (1998) o porto tem como região de influência, além do Paraná, os Estados de Santa Catarina, sul de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e parte do Rio Grande do Sul, além do Paraguai e Argentina.

Pelo modal rodoviário o acesso é feito principalmente pela BR-277 que interliga Paranaguá a Foz do Iguaçu. Segundo GEIPOT (1997) os caminhões antes de acessarem o

porto dirigem-se ao centro de triagem rodoviária de onde são encaminhados para os diferentes terminais. Pelas rodovias estadual PR-407 e PR-412 que são opção de tráfego aos caminhões que originam de Santa Catarina.

Pelo modal ferroviário, segundo o site Transportes, o acesso é pela Ferrovia Sul-Atlântico S/A, malha Sul, da antiga Superintendência Regional Curitiba da Rede Ferroviária Federal S.A (RFFSA).

O acesso marítimo, segundo o mesmo site, é feito pelo canal de Galheta que possui uma entrada que tem largura de 200 m, profundidade de 12 m e extensão de 28,5 km. Desta forma, segundo GEITOP (1997), o porto apresenta uma posição privilegiada, pois as instalações de acostagem e a bacia de evolução encontram-se abrigadas da agitação marítima.

Essas instalações de acostagem, conforme GEITOP (1997), consistem num cais marginal com 2.616 metros de comprimento e profundidade variando de 6 a 12 metros, dois quais 650 m (três berços) com 12 m de profundidade. Compreende o complexo de embarque de grãos e farelos e dois píeres utilizados na movimentação exclusiva de petróleo e derivados.

Segundo o site Transportes o cais comercial do porto possui instalações para armazenamento de granéis sólidos com capacidade total de 1.045.500 t entre silos verticais e armazéns horizontais. Para carga geral existem 24 armazéns de diferentes tamanhos totalizando 65.560 m<sup>2</sup>. Além disso, existem 10 pátios que totalizam 91.250 m<sup>2</sup>, sendo que o pátio que os caminhões estacionam para serem direcionados possui 27.000 m<sup>2</sup>, cinco pátios para contêineres totalizando 26.750 m<sup>2</sup> entre outros. O cais de inflamáveis possui 32 tanques e 3 esferas com capacidade total de 177.411 m<sup>3</sup> no terminal da Petrobrás.

O porto de Paranaguá, segundo a APPA, movimentou em importação e exportação em carga geral: madeira, couros, congelados, açúcar, cerâmicas e papel, em granéis sólidos: cevada, soja, farelos, milho, açúcar, fertilizantes, minérios, sal, trigo e caulim e em granéis líquidos: óleo vegetal, derivados de petróleo, produtos químicos, álcool, combustíveis e água para navio.

### **2.1.1.3 Porto de Santos**

O Porto de Santos que é administrado pela Companhia Docas do Estado de São Paulo (Codesp) localiza-se na região central do litoral paulista, Baixada Santista, e fica a 70 km da capital, ocupando área dos municípios de Santos e Guarujá, no estado de São Paulo.

Segundo o site Transportes o acesso rodoviário é feito pelas SP-055 (rodovia Padre Manoel da Nóbrega), SP – 150 (via Anchieta) e SP – 160 (Rodovia dos Imigrantes). O acesso ferroviário é feito pela Ferrovia Centro-Atlântica S/A, malha Centro-Leste, da antiga Superintendência Regional São Paulo (SR 7), da Rede Ferroviária Federal S.A (RFFSA) e pela Unidade Regional Santos (UR 7), da Ferrovia Paulista S.A. (Fepasa). O acesso marítimo contém um canal com largura de 130 m e profundidade de 13 m, na parte marítima da baía de Santos e 100 m e profundidade de 12 m no estuário.

O cais acostável tem 11.042 m de extensão e profundidade que varia de 6,6 m a 13,5 m. Possui ainda 521 m de cais para fins especiais com profundidade mínima de 5 m, e 1.883 para uso privativo com profundidade de 5 m a 11 m.



Segundo o site Transportes para a armazenagem possui 45 armazéns internos, sendo 34 na margem direita e 11 na margem esquerda do estuário e 39 armazéns externos. Toda essa estrutura compreende 516.761 m<sup>2</sup> com capacidade estática de 416.395 t e um frigorífico de 7.070 m<sup>2</sup> com capacidade estática de 4000 t. O porto possui 33 pátios de estocagem (interno e externo) que totalizam 124.049 m<sup>2</sup>, com capacidade estática de 99.200 t.

O porto de Santos merece destaque no cenário nacional pela sua importância na movimentação de cargas tanto de importação como de exportação. Segundo o site Porto de Santos em carga geral movimentou-se a carga containerizada, em grãos sólidos movimentou-se açúcar, adubo, baunilha, carvão, enxofre, minério, polpa cítrica paletizada, sal, soja em grão, soja paletizada e trigo e em grãos líquidos movimentou-se óleo diesel, óleo combustível, ácido fosfórico, álcool, amônia, coperaf, estireno, gás liquefeito de petróleo, gasolina, nafta, dentre outros.

### **3. Material e Métodos**

#### **3.1 Programação Linear**

Muitos trabalhos têm utilizado as técnicas de programação linear para estudar questões como localização ótima para construções de armazéns tornando a logística de abastecimento do mercado consumidor mais eficiente e para o mercado de carnes a localização ótima de frigoríficos, e também, estudos do uso de diferentes modais para o escoamento da produção até os portos com destino a exportação.

Como exemplo pode-se citar Figueiredo, Leite e Caixeta Filho (2005) que utilizaram as técnicas de programação linear para estudar os fluxos do algodão em pluma do Estado do Mato Grosso para exportação com o objetivo de identificar a melhor rota de escoamento do algodão verificando diversos cenários logísticos. Os resultados encontrados demonstraram que a produção deveria ser escoada pelo porto de Santos. Considerando a possibilidade da BR-163 estar pavimentada o modelo indicou que parte da produção deveria se escoar pelo porto de Santarém e o restante pelo porto de Santos.

Lima, Branco e Caixeta Filho (2005) estudaram o processo de escolha de rotas para o escoamento da soja em grão destinada a exportação utilizando técnicas de programação linear. As rotas estudadas tinham como origem o Estado do Mato Grosso e destino Rotterdam e os resultados demonstraram que as rotas Santos/Rotterdam e Porto de Itaquí/Rotterdam foram as que obtiveram o mínimo custo.

Ferrari (2006) utilizou técnicas de programação linear para definir o rearranjo espacial da capacidade de armazenamento da soja do Mato Grosso objetivando reduzir os custos logísticos de escoamento dos grãos para os armazéns e desses para os portos. Os principais resultados encontrados demonstraram que a intermodalidade integrada e um sistema de armazenamento planejamento pode diminuir o custo envolvido no processo de escoar a soja para os portos.

Seguindo essa mesma linha de metodologia este trabalho usará a programação linear para minimizar o custo de transporte da soja matogrossense até os portos de Itaquí, Paranaguá e Santos utilizando o modal rodoviário. A esfera regional considerada são as 22 microrregiões geográficas mato-grossense.

### 3.2 Formulação do Modelo

A função objetivo do modelo compreende a minimização do custo de transporte da soja do Mato Grosso até os portos de Itaquí, Paranaguá e Santos. Serão estimados dois cenários.

#### 3.2.1 Primeiro Cenário

Função objetivo:

$$MINZ = \sum_{i=1}^{22} \sum_{j=1}^3 x_{ij} C_{ij}; \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^{22} x_{ij} - A_i \leq 0, \text{ para todo } j = 1, 2, 3; \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{ij} - B_j \geq 0, \text{ para todo } i = 1, 2, \dots, 22; \quad (3)$$

em que:

Z valor da função objetivo;

$X_{ij}$  quantidade de soja, em toneladas, exportada pela microrregião  $i$  exportada pelo porto  $j$ ;

$C_{ij}$  custo de transporte do modal rodoviário da microrregião  $i$  para o porto  $j$ ;

$A_i$  quantidade produzida de soja pela microrregião  $i$ ;

$B_j$  quantidade de soja exportada pelo porto  $j$ .

A primeira restrição refere-se a oferta de soja e descreve que toda soja exportada pela microrregião não pode exceder a sua produção. Como no trabalho de Lima, Branco e Caixeta Filho (2005) apesar do mercado interno também absorver a soja matogrossense considera-se que toda a produção é destinada ao mercado externo. O objetivo aqui não é estudar a quantidade e sim verificar as possíveis rotas viáveis.

A segunda restrição refere-se a demanda de soja pelos portos e descreve que a quantidade de soja exportada pelo porto pode ser maior ou igual a quantidade já por ele exportada. Foi considerado desta forma para possibilitar o deslocamento da exportação de um porto para o outro.

#### 3.2.2 Segundo Cenário

A função objetivo e a restrição de oferta permanecem a mesma. A variação é com relação a restrição de demanda. Para este caso será considerado apenas o valor total de soja exportado pelo Mato Grosso sem colocar limites mínimos por porto. Desta forma, a restrição apresenta-se da seguinte maneira:

$$\sum_{j=1}^3 x_{ij} - 6822133 \geq 0, \text{ para todo } i = 1, 2, \dots, 22; \quad (4)$$

Em que o valor 6.822.133 refere-se a quantidade de soja exportada pelo Mato Grosso.

### 3.3 Fonte dos dados

Os dados utilizados nesse estudo foram os valores dos fretes das microrregiões matogrossenses para os portos de Itaquí, Paranaguá e Santos para o ano 2007 e foram obtidos no Sistema de Informação de Fretes - Sifreca para o ano 2007. Deve-se deixar evidente que algumas rotas não apresentavam o valor do frete e desta forma foi estimada por Mínimos Quadrados Ordinários com base nos dados do Sifreca.

A quantidade de soja produzida para o ano 2007 pelas microrregiões do Estado do Mato Grosso foram obtidas na Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE e os dados referentes as exportações para o ano 2007 originadas do Mato Grosso realizadas pelos portos de Itaquí, Paranaguá e Santos foram obtidos junto a Secretária de Comércio Exterior (Secex) mediante o portal Aliceweb.

O programa a ser utilizado para as estimativas foi o General Algebraic Modeling System – GAMS.

### 4. Resultados e Discussão

Nesta seção serão apresentados os resultados da estimativa proposta. A Figura 1 ilustra as possibilidades dos destinos da soja do Mato Grosso considerando o modelo proposto, microrregião de origem e porto de destino.

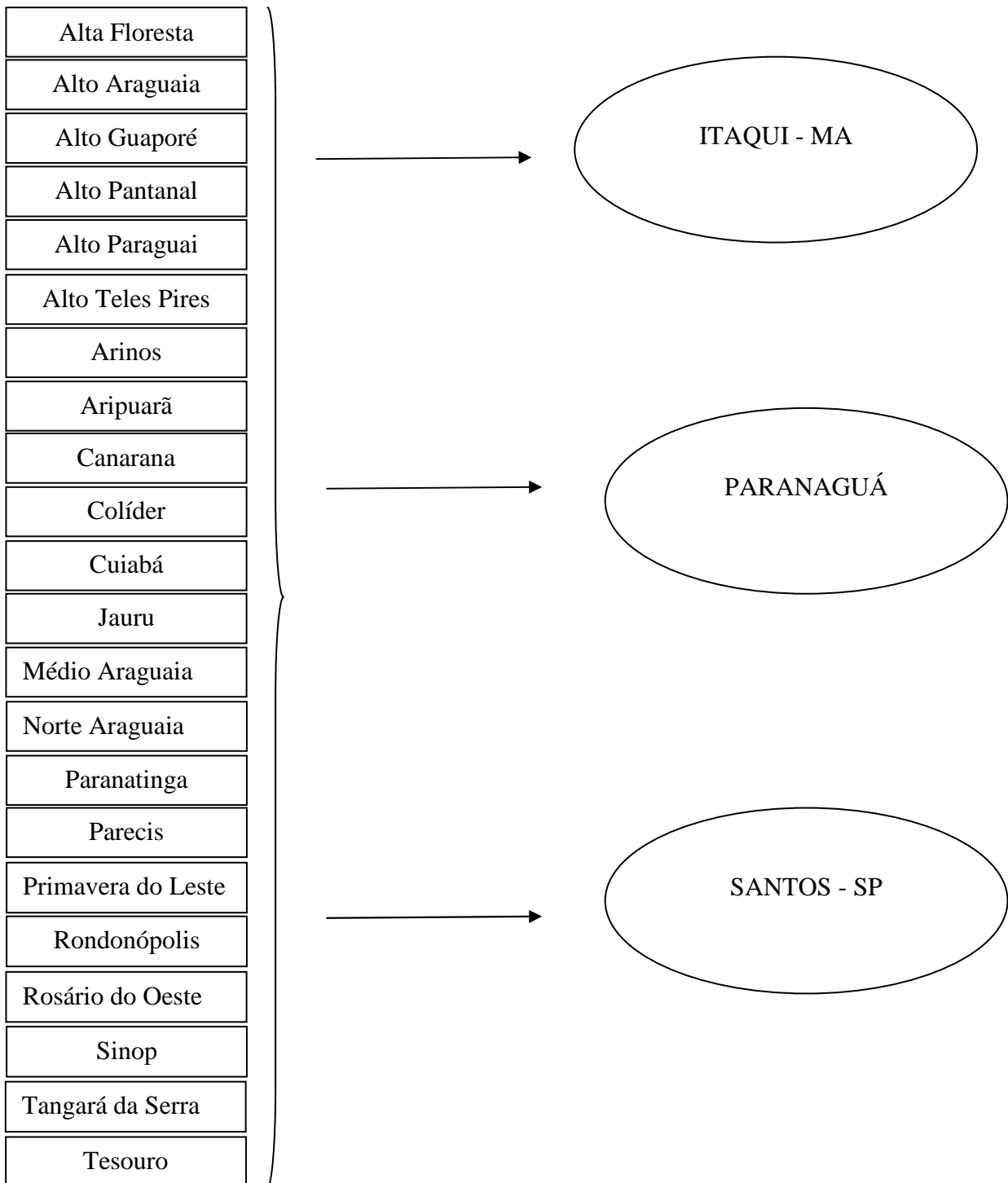
Para a estimativa do primeiro cenário os resultados encontrados demonstraram que o mínimo custo de transporte será atingido pelo valor de R\$ 465.668.464,07. Para atingir este valor foram consideradas as restrições propostas no modelo.

Para a restrição de oferta, dez das vinte e duas microrregiões do Estado posicionaram-se de maneira atuante, ou seja, a quantidade considerada está no limite. O preço sombra de todas essas microrregiões foi negativo demonstrando que se aumentassem a quantidade produzida delas reduziria o custo do frete. Essas microrregiões que obtiveram esse comportamento foram: Alto Araguaia, Cuiabá, Médio Araguaia, Parecis, Primavera do Leste, Rondonópolis, Rosário Oeste e Tesouro.

As doze microrregiões restantes não tiveram comportamento atuante, pois poderiam exportar uma quantidade produzida e pelo modelo exportariam menos que esse limite, desta forma, gera-se uma folga e o preço-sombra é zero. O aumento da quantidade produzida nessas microrregiões não afetaria o valor da função objetivo.

Para a restrição de demanda todos os portos demonstraram-se atuantes, ou seja, estão exportando o limite determinado pela restrição do modelo. Desta forma, possuem preço sombra, que seria o custo de oportunidade de aumentar a demanda do porto pela soja matogrossense.

Os resultados das quantidades exportadas demonstraram que das sessenta e seis possibilidades de combinação do escoamento da soja apenas onze foram realizadas. As demais rotas possuem preço sombra positivo, o que significa que se forem feitas aumentariam o custo logístico de transporte.



Fonte: elaboração da autora.

Figura 1 – Origem e destino das rotas analisadas

A Tabela 5 apresenta as rotas consideradas que minimizam o custo de transporte dado como resultado pelo modelo considerando o primeiro cenário.

Tabela 5 – Resultados encontrados para as rotas que minimizam o custo de frete no primeiro cenário

	Paranaguá	Santos	Itaqui
Alto Araguaia	404.261		
Alto Paraguai		82.770	
Cuiabá		78.736	
Médio Araguaia		58.551	
Norte Araguaia			131.450
Paranatinga		186.771	
Primavera do Leste		914.051	
Rondonópolis	288.211	556.950	
Rosário Oeste	5.370		
Tesouro		468.291	

Fonte: elaboração da autora.

Desta forma a soja matogrossense com origem no Norte Araguaia deve ter como destino o porto de Itaqui. A soja do Alto Araguaia, Rosário Oeste e parte da de Rondonópolis devem seguir por Paranaguá e as demais rotas a serem realizadas seguem pelo porto de Santos.

Para o segundo cenário em que não foi colocado limite para os portos os resultados encontrados demonstraram que o mínimo custo de transporte será atingido pelo valor de R\$ 1.050.903.911,78. Para atingir este valor foram consideradas as restrições propostas no modelo.

Para a restrição de oferta dez das vinte e duas microrregiões do Estado posicionaram-se de maneira atuante, ou seja, a quantidade considerada está no limite. O preço sombra de todas essas microrregiões foi negativo demonstrando que se aumentassem a quantidade produzida delas reduziria o custo do frete. Essas microrregiões que obtiveram esse comportamento foram: Alto Araguaia, Alto Teles Pires, Cuiabá, Médio Araguaia, Norte Araguaia, Paranatinga, Primavera do Leste, Rondonópolis, Rosário Oeste e Tesouro.

As doze microrregiões restantes não tiveram comportamento atuante, pois poderiam exportar uma quantidade produzida e pelo modelo exportariam menos que esse limite, desta forma, gera-se uma folga e o preço-sombra é zero. O aumento da quantidade produzida nessas microrregiões não afetaria o valor da função objetivo.

Para a restrição de demanda o valor total exportado pelo Mato Grosso demonstrou-se atuante, ou seja, está se exportando o limite determinado pela restrição do modelo. Desta forma, possui preço sombra, que seria o custo de oportunidade de aumentar a demanda do porto pela soja matogrossense. Como a quantidade exportada está diretamente relacionada com o custo o aumento das exportações aumentaria o custo da função objetivo.

Os resultados das quantidades exportadas demonstraram que das sessenta e seis possibilidades de combinação do escoamento da soja apenas dez foram realizadas. As demais rotas possuem preço sombra positivo, o que significa que se forem feitas aumentariam o custo logístico de transporte.

A Tabela 6 apresenta as rotas consideradas que minimizam o custo de transporte dado como resultado pelo modelo.

Tabela 6 – Resultados encontrados para as rotas que minimizam o custo de frete no segundo cenário

	Paranaguá	Santos	Itaqui
Alto Araguaia	404.261		
Alto Teles Pires	3.645.790		
Cuiabá	78.736		
Médio Araguaia		58.551	
Norte Araguaia			215.151
Paranatinga	186.771		
Primavera do Leste	914.051		
Rondonópolis	845.161		
Rosário Oeste		5.370	
Tesouro		468.291	

Fonte: elaboração da autora.

Os resultados dos dois cenários divergem em alguns aspectos. Quando se deixa livre a possibilidade de escolha do porto para o escoamento da produção pelo modal rodoviário, Paranaguá é mais eficiente para a maioria das microrregiões que são consideradas aptas a exportar. Para o porto de Itaqui que é considerado uma rota promissora para o escoamento da soja apresentou como resultado apenas a microrregião do Norte Araguaia.

## 5. Considerações Finais

O modelo proposto procurou demonstrar quais as principais rotas a ser realizada pelo modal rodoviário para o escoamento da soja até os portos com destino a exportação. Considerando que a produção de soja no Mato Grosso não se distribui de maneira uniforme e que cada localidade tem uma distância distinta dependendo da localidade do mercado consumidor, o trabalho considerou as microrregiões mato-grossenses.

No primeiro cenário traçado em que se considerou a capacidade de escoamento de cada porto, Santos foi o principal destino da soja pela maioria das microrregiões consideradas aptas a exportar. Paranaguá seria utilizado por duas microrregiões e Itaqui por uma.

Quando não se restringiu a quantidade por porto e sim a quantidade total Paranaguá passou a ser o porto mais indicado para se efetuar as exportações. Novamente, o porto de Itaqui exportaria apenas a soja da microrregião do Norte Araguaia, o que não confirma o debate atual sobre a viabilidade do porto na redução dos custos.

Entretanto, não se pode deixar de enfatizar que esse estudo considerou apenas o frete rodoviário. A inserção de outros modais de transporte como o ferroviário e o hidroviário pode apresentar resultados distintos.

Desta forma esse trabalho contribui para o aumento do debate em torno da viabilidade do Porto de Itaqui. Entretanto é evidente que a viabilidade desse porto só

poderá ser intensificada se os fretes ferroviários forem considerados no estudo. Espera-se que a ferrovia Norte-Sul minimize a distância entre o Estado do Maranhão e o Centro-Oeste brasileiro intensificando com isso o escoamento da soja por esse porto.

## Referências

ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA – **APPA**. Disponível em: <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/>>. Acesso em 01 de dez. 2008.

ANTAQ – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Ministério dos Transportes**. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Portuario2006>>. Acesso em 19 de nov. 2008.

BULHÕES, R. **Análise da competição entre os portos de Paranaguá e Santos para a movimentação da soja: aplicação de um modelo de equilíbrio espacial**. Piracicaba, 1998, 108p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

COMPANHIA DOCAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - CODESP. **Porto de Santos**. Disponível em: <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/>>. Acesso em 05 de dez. 2008.

COSTA, F. G., CAIXETA FILHO, J. V. Logística e expansão da Amazônia legal. Preços Agrícolas. Piracicaba, 2000, dez/jan, p.13-17.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE – **DNIT**. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/noticias/dnitinvesteitaqui>>. Acesso em: 20 de out. 2008.

FERRARI, R. C. **Utilização de modelo matemático de otimização para identificação de locais para instalação de unidades armazenadoras de soja no Estado do Mato Grosso**. Piracicaba, 2006, 185p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FIGUEIREDO, M. G. **Agricultura e estrutura produtiva do Estado do Mato Grosso: uma análise insumo-produto**. Piracicaba, 2003, 187p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FIGUEIREDO, M. G.; LEITE, S. C. F.; CAIXETA FILHO, J.V. Fluxos de algodão em pluma para exportação no Estado do Mato Grosso: uma aplicação de programação linear. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 43, 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira e Sociologia Rural (SOBER) 2005. CD-ROM.



GEIPOT. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. **Corredores de transporte:** proposta de ações para a adequação da infra-estrutura e para racionalização do transporte de granéis agrícolas. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1997. 314p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **PAM** – Pesquisa Agrícola Municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 de out 2008.

LIMA, L. M.; BRANCO, J. E. H.; CAIXETA FILHO, J.V. Um modelo dinâmico para otimização do escoamento de soja em grão. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 43, 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira e Sociologia Rural (SOBER) 2005. CD-ROM.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO – **MDIC**. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br>. Acesso em: 10 de nov. 2008.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO – Secretaria de Comércio Exterior - **SECEX**. Disponível em: <<http://www2.desenvolvimento.gov.br/sitio/secex/secex/competencia.php>>. Acesso em: 12 de nov. 2008.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Transportes**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/>>. Acesso em: 20 de set. 2008.

VIEIRA, W. C. **Análise econômica de transporte e armazenamento de arroz no estado do Maranhão**. Rio Grande do Sul, 1992, 125p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## **Anexos**

### **Cenário 1**

#### SETS

I MICRO /ALFL, ALAR, ALGU, ALPN, ALPR, ALTP, ARIN, ARIP, CANA, COLI, CUIA, JAUR, MEAR, NOAR, PARA, PARE, PRLE, ROND, ROOE, SINO, TASE, TESO / J PORTO /SANT, PARA, SALU / ;

#### PARAMETERS

##### A(I) QUANTIDADE PRODUZIDA DE SOJA

/ALFL 4452

ALAR 404261

ALGU 42810

ALPN 11088

ALPR 102388



ALTP 5167419  
ARIN 698044  
ARIP 352722  
CANA 1317290  
COLI 40792  
CUIA 78736  
JAUR 15713  
MEAR 58551  
NOAR 215151  
PARA 186771  
PARE 3236109  
PRLE 914051  
ROND 845161  
ROOE 5370  
SINO 941210  
TASE 168056  
TESO 468291 /

**B(J) QUANTIDADE EXPORTADA POR PORTO**

/SANT 2351490  
PARA 692472  
SALU 131450 /;

**TABLE C(I,J)**

**PARA SANT SALU**

ALFL	227.30	231.3	200.16
ALAR	125.32	146.43	219.02
ALGU	210.38	202.01	276.41
ALPN	183.32	174.95	255.69
ALPR	180.68	172.30	241.24
ALTP	166.50	180.00	212.32
ARIN	193.66	197.83	234.01
ARIP	223.13	203.38	240.97
CANA	202.73	207.34	172.83
COLI	219.55	211.09	204.39
CUIA	149.90	155.92	234.89
JAUR	185.79	177.33	249.70
MEAR	144.53	124.26	190.55
NOAR	248.67	245.33	160.40
PARA	162.95	168.60	203.68
PARE	197.07	202.36	252.87
PRLE	141.18	150.00	214.53
ROND	139.60	160.00	240.27
ROOE	172.21	163.84	232.69
SINO	170.00	201.05	205.01
TASE	180.00	189.25	248.99
TESO	139.24	130.87	220.26 ;



VARIABLES

X(I,J) QUANTIDADES

Z CUSTO;

POSITIVE VARIABLE X;

EQUATIONS

CUSTO

OFERTA(I)

DEMANDA(J) ;

CUSTO .. Z =E= SUM((I,J), C(I,J)\*X(I,J));

OFERTA(I) .. SUM(J,X(I,J))=L= A(I);

DEMANDA(J) .. SUM(I,X(I,J)) =G= B(J) ;

MODEL MARIA/ALL/;

SOLVE MARIA USING LP MINIMIZING Z;

DISPLAY X.L;

## Cenário 2

SETS

I MICRO /ALFL, ALAR, ALGU, ALPN, ALPR, ALTP, ARIN, ARIP, CANA, COLI, CUIA, JAUR, MEAR, NOAR, PARA, PARE, PRLE, ROND, ROOE, SINO, TASE, TESO /  
J PORTO /SANT, PARA, SALU / ;

PARAMETERS

A(I) QUANTIDADE PRODUZIDA DE SOJA

/ALFL 4452

ALAR 404261

ALGU 42810

ALPN 11088

ALPR 102388

ALTP 5167419

ARIN 698044

ARIP 352722

CANA 1317290

COLI 40792

CUIA 78736

JAUR 15713

MEAR 58551

NOAR 215151

PARA 186771

PARE 3236109

PRLE 914051

ROND 845161

ROOE 5370



SINO 941210  
 TASE 168056  
 TESO 468291 / ;

TABLE C(I,J)

PARA SANT SALU

ALFL	227.30	231.3	200.16
ALAR	125.32	146.43	219.02
ALGU	210.38	202.01	276.41
ALPN	183.32	174.95	255.69
ALPR	180.68	172.30	241.24
ALTP	166.50	180.00	212.32
ARIN	193.66	197.83	234.01
ARIP	223.13	203.38	240.97
CANA	202.73	207.34	172.83
COLI	219.55	211.09	204.39
CUIA	149.90	155.92	234.89
JAUR	185.79	177.33	249.70
MEAR	144.53	124.26	190.55
NOAR	248.67	245.33	160.40
PARA	162.95	168.60	203.68
PARE	197.07	202.36	252.87
PRLE	141.18	150.00	214.53
ROND	139.60	160.00	240.27
ROOE	172.21	163.84	232.69
SINO	170.00	201.05	205.01
TASE	180.00	189.25	248.99
TESO	139.24	130.87	220.26 ;

VARIABLES

X(I,J) QUANTIDADES  
 Z CUSTO ;

POSITIVE VARIABLE X;

EQUATIONS

CUSTO  
 OFERTA(I)  
 DEMANDA ;

CUSTO .. Z =E= SUM((I,J), C(I,J)\*X(I,J));  
 OFERTA(I) .. SUM(J,X(I,J))=L= A(I);  
 DEMANDA .. SUM((I,J), X(I,J)) =G= 6822133 ;

MODEL MARIA/ALL/;  
 SOLVE MARIA USING LP MINIMIZING Z;  
 DISPLAY X.L;