

MATRIZES DE ORIGEM-DESTINO COMO ESTIMATIVA DE FLUXOS DE PRODUTOS AGRÍCOLAS: O CASO DE GRÃOS E FARELO DE SOJA NO ESTADO DO PARANÁ¹

*Ricardo Silveira Martins²
José Vicente Caixeta Filho³*

Resumo- Este artigo procura superar a dificuldade normalmente associada ao conhecimento dos fluxos de produtos agrícolas, apresentando o instrumental de matrizes de origem-destino. A utilização das estimativas por estas matrizes pode produzir resultados de fácil validação. Operacionaliza-se um modelo de matrizes de origem-destino por programação linear, utilizando-se como impedância a distância, para o caso de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná. A diferença metodológica sugerida no presente estudo está na utilização apenas de dados secundários e estimativas, sem incorrer em pesquisas de campo, o que encarece e prolonga levantamentos dessa natureza.

Palavras-chave: Economia agrícola, transporte, programação linear.

ORIGIN-DESTINATION MATRICES TO ESTIMATE THE FLOW OF AGRICULTURAL PRODUCTS: THE CASE OF GRAINS AND SOYBEAN MEAL IN THE STATE OF PARANÁ

Abstract- This paper tries to overcome the difficulty usually associated with the flows of agricultural products, introducing the origin-destination tool. The use of matrix estimates can bring out results of easy validation. This can be done by applying a linear programming origin-destination model, having distance as impedance in the case of grains and soybean meal in the State of Paraná. The methodological difference suggested in this paper refers to the simple utilization of secondary data and estimates, without resorting to fieldwork, which makes this kind of survey costly and time-consuming.

Key-words: agricultural economics, transportation, linear programming

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos fluxos de produtos agrícolas normalmente têm importantes restrições. São produtos que fogem às estatísticas fiscais das autoridades, além do problema destacado por Hoel (1974), dos registros dos fluxos de mercadorias entre as cidades serem pulverizados entre as empresas transportadoras, tornando-se uma tarefa complexa reuni-los e sistematizá-los. Tudo isso implica dificuldades para a elaboração de estudos. As informações associadas a esses fluxos têm bastante relevo: a quantificação de origens e destinos de produtos são importantes em avaliações de localização industrial, de esquemas logísticos de distribuição de produtos e para o planejamento de sistemas de transporte, por exemplo.

¹ Baseado na Tese de Doutorado em Economia Aplicada do primeiro autor na ESALQ/ USP, sendo o segundo o orientador.

² Economista e Professor da UNIOESTE/Campus de Toledo (PR). Cx. Postal 520 85903-000 Toledo PR

³ Professor Associado do Departamento de Economia e Sociologia Rural da ESALQ/USP. e-mail: jvcaixet@carpa.ciagri.usp.br

Dada a dificuldade de extração desses dados, os estudos econômicos têm utilizado dados normalmente hipotéticos para avaliações dos gêneros acima. No entanto, o instrumental de matrizes de origem-destino permite estimativas destes fluxos, baseando-se em técnicas da Engenharia de Transportes. Sendo assim, reconhecendo a importância dessas informações para estudos de economia agrícola, esse estudo tem por objetivo apresentar o instrumental de matrizes de origem-destino, operacionalizando-o para o caso de fluxo de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná.

MATRIZES DE ORIGEM-DESTINO

A matriz de origem-destino evidencia as relações comerciais existentes entre regiões. Segundo Hamerslag & Immers (1980), a matriz de origem-destino é um instrumental útil para diversas finalidades relacionadas a estudos de transportes, tais como planejamento, avaliação de alternativas e simulação de fluxos de tráfego, bem como para avaliação de alocação de investimentos, conforme destacam McNeil & Hendrickson (1985).

Em termos de construção teórica e de operacionalização, a matriz de origem-destino assemelha-se à matriz de insumo-produto. Uma matriz de insumo-produto tem por objetivo descrever as compras e vendas de bens e serviços entre os setores de uma economia em dado período de tempo. Refere-se a um instrumental para o estudo da interdependência entre atividades econômicas interrelacionadas. A análise da matriz de origem-destino é mais aproximada à análise de insumo-produto multirregional, quando o sistema econômico é descrito em termos de interdependência entre diversas regiões.

Assim, o problema teórico da análise multirregional de insumo-produto está no fato dos produtos poderem ser produzidos e consumidos em regiões distintas. No caso da matriz de origem-destino, parte-se do problema teórico levantado nos casos desses modelos multirregionais e constrói-se o seu peculiar, reconhecendo a interdependência entre regiões e objetivando-se identificar fluxos de produtos ou viagens que caracterizam esta interdependência.

No entanto, chama-se a atenção para o fato da matriz de insumo-produto descrever relações monetárias intersetoriais, enquanto numa matriz de origem-destino, a referência equivalente está associada a quantidades físicas.

A Tabela 1 ilustra a forma geral de uma matriz de origem-destino. Os elementos t_{ij} representam determinadas quantidades de fluxo de originados na região i e destinados à região j . Os elementos da diagonal principal são os fluxos⁴ intra-zonais, sendo os demais, os fluxos entre as zonas, ou inter-zonais. Assim, t_{ij} é o fluxo originado na zona i com destino a j ; O_i é o total de fluxo originado (gerado) na (pela) zona i ; D_j é o total de fluxo com destino (atraído) à (pela) zona j ; e T é o fluxo total agregado de origens e destinos.

Tabela 1 - Forma geral da matriz de origem-destino.

Origem	Destino						$\sum_j T_{ij}$
	1	2	...	j	...	z	
1	t_{11}	t_{12}	...	t_{1j}	...	t_{1z}	O_1
2	t_{21}	t_{22}		t_{2j}		t_{2z}	O_2
⋮							⋮
i	t_{i1}	t_{i2}		t_{ij}		t_{iz}	O_i
⋮							⋮
z	t_{z1}	t_{z2}		t_{zj}		t_{zz}	O_z
$\sum_i T_{ij}$	D_1	D_2	...	D_j	...	D_z	$\sum_{ij} T_{ij} = T$

Fonte: Ortúzar & Willumsen (1995)

Conforme Bovy & Stern (1990), o passo inicial na construção de matrizes de origem-destino é o conhecimento da delimitação espacial do estudo (zoneamento), dos agentes que demandam o serviço de transporte e das rotas utilizadas. A utilidade prática inicial do zoneamento está na divisão da área em estudo

⁴ Uma matriz é específica no que diz respeito aos fluxos, requerendo uma mesma unidade, tais como pessoas, toneladas ou unidades de veículos, respectivamente, para os casos de estudos de passageiros, cargas ou volume de tráfego.

para fins de modelagem, que serão, em síntese, os pontos de origens e destinos. O tamanho e o número das zonas estará respaldado no contexto de cada estudo.

Atualmente, as matrizes O/D são utilizadas pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), do Ministério dos Transportes, com menos sistematicidade que se pretendia (GEIPOT, 1972a e 1972b), e por empresas de consultoria em planejamento de transportes, como nos Planos Diretores de Transportes dos Estados de São Paulo (1986), Minas Gerais (1994) e Bahia (1995) e nos levantamentos de informações para privatização da RFFSA e FEPASA encomendados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).⁵

MODELAGEM PARA MATRIZES DE ORIGEM-DESTINO

Os processos de estimativas das matrizes de origem-destino podem ser operacionalizados por modelo gravitacional ou por modelos de programação linear. Em linhas gerais, o modelo gravitacional trabalha sobre a hipótese de que os fluxos entre zonas são diretamente proporcionais à capacidade de atração entre elas e inversamente proporcionais a uma função correspondente à impedância entre as zonas (Ortúzar & Willumsen, 1995). Conforme destaca Novaes (1986), a função impedância pode ser interpretada por parâmetros, tais como tempo de viagem, custo de transporte, distância física ou distância real. Além do mais, Caixeta Filho (1995) reforça o caráter econométrico dos modelos de natureza gravitacional, uma vez que seus parâmetros são ajustados por meio de algum tipo de análise de regressão.

No entanto, segundo Roberts (1974), em se tratando de estudo que avalia problemas de transporte de produtos homogêneos, no caso presente, grãos e farelos, modelos de programação linear produzem soluções mais satisfatórias.

Os problemas de transporte são usualmente representados por uma rede, composta de nós e arcos, reconhecendo-se a interdependência das atividades econômicas entre as regiões. Uma rede consiste de um

⁵ XAVIER, M. (Logit Consultoria em Transportes, de São Paulo (SP)). Comunicação pessoal em 13/11/96.

conjunto de nós conectados por arcos. Um nó representa um ponto de onde inicia-se ou termina uma viagem. O arco é a distância entre dois nós; os arcos permitem tráfego para fluxos entre nós. Esses arcos podem ser classificados por modal de transporte.

Assim, guardando relação com a notação utilizada na Tabela 1, a partir das variáveis exógenas produção (O_i^p) e consumo (D_j^p) dos grãos, buscou-se minimizar a função objetivo Z , sujeita às restrições 2 a 4, para que fossem obtidos os fluxos dos produtos entre os pólos (T_{ij}^p), que são as variáveis de decisão deste modelo. Ou seja,

$$\text{Min } Z = \sum_{p=1}^l \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I_{ij} T_{ij}^p \quad (1)$$

sujeito às restrições

$$\sum_{j=1}^n T_{ij}^p \leq O_i^p, \quad \text{para todo } i,j \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m T_{ij}^p \geq D_j^p, \quad \text{para todo } i,j \quad (3)$$

$$T_{ij}^p \geq 0, \quad \text{para todo } i,j \quad (4)$$

sendo:

Z = função de impedância para a alocação dos fluxos;

I_{ij} = fator de impedância entre as regiões i e j , por unidade do produto;

O_i^p = excesso de oferta do produto p na região i ;

D_j^p = excesso de demanda do produto p na região j ;

T_{ij}^p = fluxos do produto p com origem em i e destino em j .

Para o presente estudo, o processamento das informações dar-se-á pelo *software General Algebraic Modeling System* (GAMS) (Brooke et al., 1996).

FATORES DE EXPANSÃO PARA MATRIZES DE ORIGEM-DESTINO

Estudos que procuram avaliar cenários futuros podem ser gerados a partir da chamada análise de sensibilidade da matriz origem-destino. Com base numa matriz de origem-destino para um determinado período, é possível analisar cenários, no que diz respeito à distribuição das viagens ou fluxos de cargas. Segundo Novaes (1986), esse procedimento é feito com base numa determinada matriz O/D, que será atualizada para incorporar novos fluxos entre os pares de origens e destinos, a partir de valores totais das cargas originados e atraídos para cada zona.

Segundo Mc. Neil & Hendrickson (1985), uma forma possível de se atingir o objetivo de atualização de uma matriz O/D é através de especificação de equações de regressão. O modelo consiste em se encontrar uma relação linear entre o número de viagens ou fluxos de cargas produzido ou atraído pelas zonas, conforme as características sócio-econômicas destas. Com base nos coeficientes obtidos, substitui-se os valores para o período de interesse e, assim, será projetada uma matriz O/D, pressupondo-se que os determinantes da viagem continuem a ter a mesma importância ao longo do tempo.

Outra maneira de se projetar matrizes de origem-destino consiste no uso dos métodos de fatores de expansão. A matriz projetada (\hat{F}_{ij}) pode ser obtida a partir de uma matriz básica (F_{ij}) e de um determinado fator de expansão (g_{ij}). Genericamente, então, tem-se

$$\hat{F}_{ij} = F_{ij} \cdot g_{ij} \quad (5)$$

Esses métodos estão divididos em algumas categorias básicas, segundo Novaes (1986), que refletem, na verdade, pressuposições diferentes para o fator de expansão (g_{ij}), a saber: Fator Uniforme, Fator Médio e Modelo de Fratar.

Inicialmente, no Método do Fator Uniforme, admite-se que os fluxos de cargas cresceriam sempre à mesma proporção observada na matriz básica e tem aplicação apenas em projeções de curto-prazo, visto não incorporar mudanças no tráfego, que inevitavelmente ocorrem, principalmente quando a área de interesse for o meio urbano.

Note-se que o fator de expansão poderia ser aplicado, isoladamente, às linhas ou às colunas, conforme estivessem disponíveis informações específicas. Dessa maneira, seria possível aplicar o fator às linhas, quando fosse de interesse avaliar mudanças apenas na geração de fluxos, ou às colunas, para o caso de mudanças no poder de atração das zonas (pólos). Ortúzar & Willumsen (1995) exemplificam estas situações.

No caso do Método do Fator Médio, pressupõe-se que o comportamento de crescimento das zonas mantém características individualizadas, ou seja, o crescimento entre as zonas ocorre em ritmos diferenciados. O fator de expansão, g_{ij} , neste caso, é a relação entre os fluxos projetados (V_{ij_g}) e aqueles iniciais (V_{ij}).

Uma vez obtido o fator de expansão, os fluxos projetados serão determinados por

$$V_{ij_g} = V_{ij} \cdot [(F_i + F_j)/2] \quad (6)$$

sendo V_{ij_g} o total projetado para os fluxos, V_{ij} os fluxos inicialmente observados e F_i e F_j , respectivamente, os fatores de expansão para o total de fluxos originados em i e o total de destinados em j .

Este processo prosseguirá por k interações até que se obtenha próximos de 1 para todos os novos fatores. Os fatores das projeções (F') seguintes serão determinados a partir de

$$F' = [(F_i \cdot \sum_{j=1}^n V_{i,j}) / (\sum_{j=1}^n V_{i,j_k})] = V_{i_g} / V_{i_k} \quad (7)$$

Um outro modelo que utiliza fator de expansão é conhecido como Método de Fratar. Este modelo traz a inovação de permitir o ajustamento da atração entre as zonas, mediante o reconhecimento de competição entre elas. Os fatores de crescimento para cada zona de origem e para cada zona de destino são aplicados aos fluxos atuais, gerando seus correspondentes futuros. O método pode ser formulado de maneira que

$$V_{ij} = v_{ij} \cdot F_i \cdot F_j \cdot L_i \quad (8)$$

sendo V_{ij} o total de viagens ou fluxos projetados, v_{ij} as viagens ou fluxos da matriz atual, F_i o fator de expansão da zona de origem i , F_j o fator de expansão para a zona de destino j e L_i o fator de ajustamento das origens. O fator de ajustamento L_i é definido por

$$L_i = \sum_{j=1}^n v_{i,j} / \sum_{j=1}^n v_{i,j_k} F_j \quad (10)$$

O processo é iterativo até que todos os fatores de expansão F_i e F_j aproximem-se da unidade.

Segundo Ortúzar & Willumsen (1995), os métodos baseados em fatores de expansão têm algumas limitações para a análise de políticas estratégicas de transporte. Primeiramente, seu ponto fraco começa pela forte dependência da matriz básica. Qualquer erro nos dados originais estarão sendo amplificados. Além do mais, os métodos de fatores de expansão não levam em consideração futuras alterações nos custos de transporte, tempo de viagem e condições gerais de tráfego das vias.

O modelo de gravidade também é bastante difundido para análise de distribuição dos fluxos, conforme destacado anteriormente. Comparativamente aos fatores de expansão, os modelos de gravidade têm algumas vantagens. Além de serem úteis em análises que contemplam fluxos entre par de zonas que inexitem na matriz básica, os modelos de gravidade são sensíveis a alguma impedância entre as origens e destinos.

Na forma mais simplista usada por Casey (1955)⁶, *apud* Ortúzar & Willumsen (1995), os fluxos entre i e j são calculados a partir de

$$\hat{F}_{ij} = k \cdot \frac{P_i(t) \cdot E_j(t)}{d_{ij}^\beta} \quad (11)$$

sendo que \hat{F}_{ij} representa a matriz projetada, d_{ij}^β denota o impacto da distância na configuração final dos fluxos entre as zonas (medido pelo expoente β), e P_i e E_i referem-se, respectivamente, às capacidades de produção e de atração de viagens ou fluxos de cargas para o período projetado t .

Segundo Ortúzar & Willumsen (1995), o modelo avançou para pressupor que o efeito da distância pudesse ser modelado como uma função decrescente da distância ou do custo das viagens entre as zonas.

Assim, o modelo ficaria

$$\hat{F}_{ij} = \beta O_i D_j f(c_{ij}) \quad (12)$$

⁶ CASEY, H. J. Applications to traffic engineering of the law of retail gravitation. **Traffic Quarterly**, v. IX, n. 1, p. 23-35, 1955.

sendo que \hat{F}_{ij} representa a matriz projetada; β denota o impacto da distância na configuração final dos fluxos entre as zonas; e O_i e D_i referem-se, respectivamente, às capacidades de produção e de atração de fluxos; e $f(c_{ij})$ representa o desestímulo à geração de fluxos à medida em que aumentam os custos ou as distâncias.

OPERACIONALIZAÇÃO DE MATRIZES DE ORIGEM-DESTINO: O CASO DE MILHO, SOJA, TRIGO E FARELO DE SOJA NO ESTADO DO PARANÁ

Os procedimentos necessários ao uso do método envolvem a delimitação da área de estudo, identificando pontos de origem e destino, a quantificação da oferta e do consumo, quando são identificados os pré-requisitos para o intercâmbio regional, a partir de regiões superavitárias e deficitárias, e a determinação do fator de impedância.

Para efeitos deste estudo, procedeu-se o zoneamento do Estado do Paraná, com vistas à identificação de pólos econômicos, pressupondo-se que nestes concentram-se empresas de comercialização de produtos agrícolas e empresas agroindustriais. Para tal, segue-se a metodologia da regionalização adotada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), conforme documentado em FIBGE (1987), tendo sido identificados 13 pólos econômicos.

A quantificação da oferta é feita com base em levantamentos da quantidade ofertada de determinado produto em determinado ponto. Essa quantidade diz respeito ao volume de produção naquele ponto somado àqueles que entram na área de estudo neste mesmo local, como eventualmente é o caso deste abrigar um porto.

No caso de produtos agrícolas, dos dados brutos de produção, deve ser extraída alguma parcela que não chega efetivamente ao mercado, como aquelas associadas às reservas para sementes ou às perdas diversas, seja na colheita ou no pós-colheita.

No que se refere à quantificação do consumo, o processo é mais complexo, uma vez que a produção pode ser destinada ao consumo humano, industrial e para exportação. Além do mais, nem sempre consegue-se obter das indústrias processadoras as quantidades utilizadas como insumos. Assim, informações como o

movimento do comércio exterior, localização de plantas agroindustriais, taxas de conversão e consumo equivalente⁷ são informações necessárias à composição do consumo total.

Uma vez identificadas as quantidades produzidas e consumidas, por pólo, estabelecem-se as pré-condições para o transporte dos produtos. Dos pólos superavitários partirão quantidades a serem absorvidas por aqueles deficitários.

Em termos de modelagem deste estudo, a solução por programação linear atribuiu fluxos utilizando-se como impedância a distância rodoviária entre os pólos. Outros poderiam ser os critérios representativos da impedância, conforme descritos em Novaes (1982). Porém, optou-se pelo uso da distância rodoviária baseando-se nas experiências anteriores do GEIPOT, descrito em GEIPOT (1994, p.18) e GEIPOT (1995, p. 15).

Matrizes de origem-destino para grãos e farelo de soja no Estado do Paraná

Os fluxos estimados para os produtos são apresentados em Anexo. Os resultados obtidos mantiveram-se fiéis com os perfis das estimativas anteriores de matrizes de origem-destino feitas pelo GEIPOT e foram validados por informações obtidas junto à Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), referentes ao registro de produtos que ingressaram no porto por via rodoviária, e na RFFSA⁸, referentes ao volume movimentado por via ferroviária.

Estimou-se um fluxo total dos produtos de 15.776.439 *t* entre os pólos, o que merece algumas observações. A observação das quantidades produzidas e consumidas de grãos e farelos no Estado do Paraná, permite identificar dois grandes centros a partir dos quais se originam os fluxos mais significativos de grãos no Estado, sendo um nas regiões Oeste (Cascavel, Campo Mourão e Foz do Iguaçu) e Sudoeste (Pato Branco) e outro no Norte (Cornélio Procópio, Londrina, Apucarana e Maringá). Cabe destacar que a região Norte,

⁷ Como disponíveis em Benvenuto et al. (1994).

⁸ Conforme publicados em RFFSA.Redes Ferrovíarias Federais S. A. **Relatório anual -1995/SR-5**. Curitiba: RFFSA, 1996.

embora seja grande produtora, também consome parcela significativa de sua produção. Esta observação permite também identificar o perfil do fluxo de grãos no Estado do Paraná.

Em linhas gerais, as regiões Oeste e Sudoeste abastecem a agroindústria processadora localizada em Curitiba e Ponta Grossa (região Leste), com pequena capacidade instalada de processamento. Outra parcela significativa, no caso da soja, destina-se à exportação em grão pelo Porto de Paranaguá. Por sua vez, no caso desse produto, embora a região Norte do Estado possua significativa capacidade de processamento de soja, os fluxos do produto são expressivos em virtude dos volumes que vêm de outras unidades da Federação para utilizar o Porto de Paranaguá para exportação. É também significativo o volume de farelos que percorre a mesma trajetória, composto pela produção da região, e pela parcela que adentra o território paranaense pelos pólos localizados na região Norte. Registram-se, também, significativos fluxos de milho e trigo para outros Estados brasileiros.

CONCLUSÕES

Apesar de toda a importância do conhecimento das informações fornecidas pelas matrizes de origem-destino, no Brasil, não tem sido comum sua utilização em função do custo financeiro e do tempo gasto no levantamento de informações através de pesquisas de campo. Utilizando o caso de grãos no Estado do Paraná, este estudo estimou as matrizes de origem-destino para milho, soja, farelo de soja e trigo relativas ao ano de 1995. A diferença metodológica sugerida no presente trabalho está na utilização apenas de dados secundários e estimativas, sem incorrer em pesquisas de campo, o que encarece e prolonga levantamentos dessa natureza. Os fluxos foram identificados a partir do balanceamento das informações disponíveis sobre consumo e produção (variáveis exógenas).

Espera-se, com essas facilidades metodológico-operacionais, tornar o instrumental de matriz de origem-destino de uso mais difundido, o que criaria facilidades para sua utilização. Isso pode reverter em elemento importante no jogo atual do desenvolvimento de ambientes regionais competitivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENVENUTO, A.; TEIXEIRA FILHO, A. R.; MOTA, M. M.; VIEIRA, R. C. M. T.; SUGAI, Y. Projeção da demanda de grãos no Brasil: 1992-95. In: VIEIRA, R. C. M. T. **Avaliação global do setor agrícola: grãos no Brasil**. Brasília: IPEA/Projeto PNUD, 1994. (Estudos de Política Agrícola, 25) p.71-100.
- BROOKE, A.; KENDRICK, D.; MEERANS, A. **GAMS**. Washington: Gams Development Corporation, 1996.
- CAIXETA FILHO, J. V. A modelagem de perdas em problemas de transporte. **Teoria e Evidência Econômica**, v.3, n.6, p.49-62, 1995.
- FIBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões de influência das cidades**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1987.
- GEIPOT. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. **Critérios de amostragem para pesquisas de origem/destino**. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1972a.
- _____. **Manual de origem/destino**. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1972b.
- _____. **Corredores de transporte: corredor do Paraná/Santa Catarina**. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1994b.
- _____. **Corredores de transporte: proposta de ações para adequação da infra-estrutura e para racionalização de transporte de graneis agrícolas**. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1995. 277p.
- _____. **Corredores de transporte: proposta de ações para adequação da infra-estrutura e para racionalização de transporte de graneis agrícolas**. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1997.
- HAMERSLAG, R.; IMMERS, B. H. Estimation of trip matrices: shortcomings and possibilities for improvement. **Transportation Research Record 1203**, p.27-39, 1988.
- HOEL, L. A. Systems planning and programming methodology freight movement. **TRB - Special Record 146**, 1974.
- MARTINS, R. S. Racionalização da infra-estrutura de transporte no Estado do Paraná: o desenvolvimento e a contribuição das ferrovias para a movimentação de grãos e farelo de soja. Piracicaba, 1998. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo
- McNEIL, S.; HENDRICKSON, C. A regression formulation of the matrix estimation problem. **Transportation Science**, v.19, n.3, p.278-92, 1985.
- NOVAES, A. G. **Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1982.
- _____. **Sistemas de transportes**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1986. cap. 3 (Volume I - Análise da demanda)
- ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling transport**. Chichester: John Wiley & Sons, 1995.
- ROBERTS, P. O. The transport model. In: KRESGE, D. T.; ROBERTS, P. O. **Systems analysis and simulation models**. Washington: The Brookings Institutions, 1974. cap.3, vol. II.

ANEXOS

Tabela 2- Matriz de origem-destino para milho no Estado do Paraná em 1995, em t.

O/D	LDR	PGS	APC	CPO	CSC	MGA	PGA	Origem
CWB	0	0	0	0	0	0	39.577,5	39.577,5
APC	170.676,4	0	-	0	0	0	0	170.676,4

CPO	285.576,4	0	0	-	41,4	0	0	285.617,8
CSC	445.485,2	0	0	84.435	0	69.771	0	599.691,2
MGA	169173	0	36.326	0	0	-	0	205.499
PBR	0	651.258,3	0	0	0	0	147.569,2	798.827,5
UMA	40.911	0	0	0	0	0	0	40.911
GVA	325,4	481.682,3	0	0	0	0	0	482.007,7
FIG	155.373,2	0	0	0	0	0	0	155.373,2
Destino	1.267.520	1.132.940,6	36.326	84.435	41,4	69.771	187.146,7	

Fonte: Estimativas deste estudo.

Nota: Por convenção deste estudo, os pólos são referidos por sua simbologia entre parênteses, a saber: Curitiba (CWB), Londrina (LDR), Ponta Grossa (PGS), Apucarana (APC), Campo Mourão (CPO), Cascavel (CSC), Cornélio Procopio (CPO), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

Tabela 3 - Matriz de origem-destino para soja no Estado do Paraná em 1995, em t.

O/D	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	MGA	PGA	GVA	Origem
CWB	-	0	0	0	0	0	34.943,2	0	34.943,2
CPO	0	0	458.636,5	0	-	0	0	173.256,7	631.893,2
CSC	0	0	0	0	0	0	822.394,3	0	822.394,3
COP	78.146,1	97.654,8	173.852,7	0	0	0	0	0	349.653,6
MGA	0	0	0	8.875,5	0	-	0	0	8.875,5
PBR	0	0	0	0	0	0	241.167,4	0	241.167,4
UMA	0	0	0	0	81.270,4	35.959,4	0	0	117.229,8
GVA	266.553,4	0	0	0	0	0	0	-	266.553,4
FIG	0	0	0	0	0	0	510.157	0	510.157
Destino	344.699,5	97.654,8	632.489,2	8.875,5	81.270,4	35.959,4	1.608.661,9	173.256,7	

Fonte: Estimativas deste estudo.

Tabela 4 - Matriz de origem-destino para farelo de soja no Estado do Paraná em 1995, em t.

O/D	APC	CPO	PGA	PBR	GVA	Origem
CWB	0	0	412.172,2	0	0	412.172,2
LDR	0	0	448.368,2	0	0	448.368,2
PGS	0	0	891.294,3	0	0	891.294,3
APC	-	0	76.372,5	0	0	76.372,5
CPO	0	-	134.379	0	33.016	167.395
CSC	0	0	240.996,3	0	0	240.996,3
COP	0	0	183.841	0	0	183.841
MGA	8.398	0	4.337.932,8	0	0	4.346.330,8
UMA	0	28.056	79.413		0	107.469

GVA	0	0	136.006,5	0	-	136.006,5
FIG	0	0	99994,1	108.806,9	0	208.800,8
Destino	8.398	28.056	7.040.769,9	108.806,9	33.016	

Fonte: Estimativas deste estudo.

Tabela 5 - Matriz de origem-destino para trigo no Estado do Paraná em 1995, em t.

<i>O/D</i>	<i>CWB</i>	<i>LDR</i>	<i>PGS</i>	<i>APC</i>	<i>GVA</i>	<i>Origem</i>
APC	0	16.712,5	0	-	0	16.712,5
CPO	0	153.727,5	0	0	16.487,8	153.727,5
CSC	0	102.762,4	0	0	0	102.762,4
COP	0	137.795,9	0	0	0	137.795,9
MGA	0	48.200,1	0	14.178	0	62.378,1
PGA	238.359	0	0	0	0	238359
PBR	81.110,4	0	964.471,3	0	0	1.062.069,5
UMA	0	7.562	0	0	0	7562
FIG	0	695232,8	319.744	0	0	1.014.976,8
Destino	319.469,4	1.161.993,2	1.284.215,3	14.178	16.487,8	

Fonte: Estimativas deste estudo.