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

RICARDO SILVEIRA MARTINS
Economista

Orientador: Prof. Dr. **JOSÉ VICENTE CAIXETA FILHO**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Concentração: Economia Aplicada.

No. 70661
USP - ESALQ
DIVISÃO DE BIBLIOTECA
E DOCUMENTAÇÃO

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Abril - 1998

USP - ESALQ
DIVISÃO DE BIBLIOTECA
E DOCUMENTAÇÃO

Data: 25/06/98
Proc: d. auto
R$: 40.00
Req:

No. 636.084 Vol. -
Cham. M386r Ex. 2

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Martins, Ricardo Silveira
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 / Ricardo Silveira Martins. - - Piracicaba, 1998.
216 p.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Agribusiness 2. Farelo de soja 3. Grão 4. Infra-estrutura 5. Logística 6. Paraná 7. Transporte ferroviário I. Título

CDD 636.084

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

RICARDO SILVEIRA MARTINS

Comissão julgadora:

Prof. Dr. José Vicente Caixeta Filho	ESALQ/USP
Prof. Dr. Carlos José Caetano Bacha	ESALQ/USP
Prof. Dr. Joaquim José Martins Guilhoto	ESALQ/USP
Prof. Dr. Telmo Giolito Porto	Escola Politécnica/ USP
Prof. Dr. Fábio Dória Scatolin	UFPR

Prof. JOSÉ VICENTE CAIXETA FILHO

Orientador

A Cleide e Thaline,

Aos meus pais, Jurandir e Conceição

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), especialmente ao Departamento de Economia/*Campus* de Toledo, pelo suporte e incentivo para a realização do Curso.

Ao Departamento de Economia e Sociologia Rural (DESR) da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), pela oportunidade.

À CAPES, através do Programa de Capacitação Docente e Técnico, pelo apoio financeiro.

Ao Professor José Vicente Caixeta Filho, pelo brilhantismo da orientação e pela segurança transmitida ao longo da elaboração da Tese.

Às empresas ferroviárias Rede Ferroviária Federal S. A. (RFFSA)/Superintendência Regional de Curitiba (SR-5) e Estrada de Ferro Paraná Oeste S. A. (FERROESTE) e à Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), pela presteza na disponibilização de informações.

Aos Professores do DESR/ESALQ/USP, pela contribuição minha formação científica, e em especial a Pedro C. de Mello, Geraldo Sant'Ana de C. Barros, Carlos J. C. Bacha e Joaquim J. M. Guilhoto, pelas sugestões no desenvolvimento deste trabalho.

Aos convidados da Banca Examinadora externos à ESALQ/USP, Prof. Telmo Giolito Porto (Escola Politécnica/ USP), Prof. Fábio Dória Scatolin (UFPR), Prof. Nílson Maciel de Paula (UFPR) e Prof. Luiz Henrique A. Rodrigues (FEAGRI/UNICAMP), por terem se disponibilizado a participar da avaliação do trabalho.

Aos funcionários do DESR/ESALQ/USP, em especial à Luciane, Maiélli e Helena, pelo apoio, simpatia e amizade.

Ao técnico Evandro Buzanello, pelo apoio que não deixou faltar nos momentos de pane nos equipamentos.

À Professora Shirley A. Mattos Gaiowski, pela revisão ortográfica.

Aos colegas do Curso, pela convivência saudável e solidariedade, em especial ao amigos Robertinho, Patrízia, Marco Montoya, , Cárliton, Piedade e Parré.

CONTEÚDO

Página

LISTA DE FIGURAS viii

LISTA DE TABELAS x

RESUMO xv

SUMMARY xvii

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Problema 3
1.2 Objetivos 6
1.3 Estrutura do trabalho 7

2 AS FERROVIAS NO DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE 8
2.1 Transportes e desenvolvimento econômico 12
2.2 O desenvolvimento histórico dos sistemas de transporte: da concorrência à intermodalidade 15
2.2.1 O surto ferroviário no século XIX 16
2.2.2 A perda de competitividade das ferrovias no século XX: a opção rodoviária 22
2.2.3 A abordagem da intermodalidade 25
2.3 Considerações finais 34

3 CONDICIONANTES HISTÓRICOS DA INFRA-ESTRUTURA FERROVIÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ 37
3.1 Rede Ferroviária Federal S. A. 37
3.2 Estrada de Ferro Paraná Oeste S. A. 48
3.3 Considerações finais 55

4 MATRIZES DE ORIGEM-DESTINO 57
4.1 Referencial teórico para matriz de origem-destino 57
4.2 Área sob estudo 62
4.2.1 Infra-estrutura de transporte 64
4.3 Levantamento de dados para matrizes de origem-destino (O/D) 70
4.4 Modelo proposto 75
4.4.1 Produção e consumo de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná em 1995 83
4.4.2 Matrizes de origem-destino para grãos e farelo de soja no Estado do Paraná 89
4.5 Projeção para matrizes de origem-destino 92
4.5.1 Técnicas alternativas para estimações de matrizes de origem-destino futuras 93
4.5.2 Projeção de produção e consumo de milho, soja, trigo e farelo de soja para 2003 95
4.5.3 Matrizes de origem-destino para grãos e farelo de soja projetadas para 2003 no Estado do Paraná 99

5 RACIONALIZAÇÃO DO TRANSPORTE DE GRÃOS E FARELO DE SOJA NO ESTADO DO PARANÁ 101
5.1 Modelo operacional 102
5.2 Valores de frete 104
5.3 Distribuição ótima entre as modalidades rodoviária e ferroviária no transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná 109
5.4 Considerações finais 125

6 TRANSPORTE FERROVIÁRIO NA INTERMODALIDADE NO ESTADO DO PARANÁ 130
6.1 O problema do transbordo 131
6.1.1 Operacionalização do modelo 132
6.1.2 Informações utilizadas na análise 133
6.2 Intermodalidade no transporte de grãos e farelo de soja no Paraná 135
6.2.1 Rotas de exportação 136
6.2.2 Rotas de abastecimento interno 152
6.3 Considerações finais 162

7 CONCLUSÕES 164

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 170

APÊNDICES 187

LISTA DE FIGURAS

Página

3.1 Malha ferroviária no Estado do Paraná, segundo as fases de sua constituição..... 46

3.2 Área de influência da "Ferrovia da Produção"..... 52

4.1 Pólos econômicos do Estado do Paraná e respectivas áreas de influência..... 65

4.2 Malha rodoviária no Estado do Paraná..... 67

4.3 Malha ferroviária no Estado do Paraná..... 68

5.1 Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*), com a infra-estrutura de transporte disponível em 1995..... 111

5.2 Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*), considerando-se que a FERROESTE estivesse operando em 1995..... 114

5.3 Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*), considerando-se que a FERROESTE estivesse em operando em 1995 e que não existisse o estrangulamento a partir de Guarapuava..... 116

5.4 Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*) para 2003, considerando-se a FERROESTE como única expansão ferroviária, com ou sem correção do gargalo a partir de Guarapuava..... 118

5.5 Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*) para 2003, considerando-se possíveis novos ramais ferroviários, sem correção do gargalo a partir de Guarapuava..... 122

5.6 Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*) para 2003, considerando-se possíveis novos ramais ferroviários, com correção do gargalo a partir de Guarapuava..... 124

5.7 Matriz de transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná para 1995, segundo algumas alternativas..... 126

5.8 Matriz de transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná para 2003, segundo algumas alternativas..... 127

5.9 Linhas ferroviárias existentes e outras possivelmente viáveis no Estado do Paraná..... 129

6.1 Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Campo Mourão e destino a Paranaguá..... 139

6.2 Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Cascavel e destino a Paranaguá..... 142

6.3 Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Umuarama e destino a Paranaguá..... 146

6.4 Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Foz do Iguaçu e destino a Paranaguá..... 150

6.5 Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Pato Branco e destino a Paranaguá..... 154

6.6 Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Pato Branco e destino a São Paulo..... 158

6.7 Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Foz do Iguaçu e destino a São Paulo..... 161

LISTA DE TABELAS

Página

2.1 Sistemas e malhas de Rede Ferroviária Federal S. A..... 31

2.2 Caracterização geral das malhas regionais no processo de privatização da RFFSA..... 35

3.1 Evolução do transporte de cargas na Estrada de Ferro Central do Paraná (em 10^3 toneladas úteis-*tu*), 1979-89..... 44

3.2 Evolução histórica da infra-estrutura ferroviária sob administração da RFFSA no Estado do Paraná..... 45

3.3 Volume de cargas (em 10^3 *tu*), geradas e tracionadas, pela SR-5, por produto, em 1995..... 47

3.4 Expectativa de demanda da FERROESTE no período 1998-2000 (em 1.000 *t*)..... 54

4.1 Tabela esquemática de fluxos intersetoriais ou interregionais..... 59

4.2 Forma geral da matriz de origem-destino..... 60

4.3 Área plantada (em mil *ha*) e produção (em mil *t*) de milho, soja e trigo no Brasil e no Estado do Paraná na safra 1994/95..... 63

4.4 Pólos e respectivas microrregiões geográficas no Estado do Paraná..... 66

4.5 Trechos (linhas principais e ramais) da malha ferroviária e respectivas extensões (em *km*) no Estado do Paraná..... 69

4.6 Produção (em *t*), descontadas as perdas e reservas para sementes, de milho, soja, farelo e trigo no Estado do Paraná, por pólo, em 1995..... 84

4.7 Consumo (em *t*) de milho, soja, farelo e trigo no Estado do Paraná, por pólo, em 1995..... 87

4.8 Produção (em *t*) projetada de milho, soja, farelo e trigo no Estado do Paraná, por pólo, para 2003..... 96

4.9 Consumo (em *t*) projetado de milho, soja, farelo e trigo no Estado do Paraná, por pólo, para 2003..... 98

5.1 Capacidade de tráfego ferroviário (*t*/ano) de grãos e farelos no Estado do Paraná, segundo trechos..... 103

5.2 Fretes ferrroviários (em US$/*t*) para grãos e farelos entre os pólos no Estado do Paraná..... 106

5.3 Resultados econométricos para a equação de frete rodoviário para grãos e farelo de soja no Estado do Paraná..... 107

5.4 Fretes rodoviários (em US$/*t*) para grãos e farelos entre os pólos no Estado do Paraná..... 108

5.5 Valores mínimos e máximos (em US$/*t*) dos fretes rodoviário (R) e ferroviário (F) que garantem a estabilidade da solução ótima para a Situação 2..... 113

5.6 Valores mínimos e máximos (em US$/*t*) dos fretes rodoviários (R) e do ferroviário (F) que garantem a estabilidade da solução ótima na Situação 4..... 119

6.1 Fretes estimados (em US$/*t*), tendo como origem alguns pólos paranaenses e destino São Paulo (SP), conforme diferentes modalidades e respectivas distâncias (em *km*)..... 134

6.2 Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Campo Mourão e destino a Paranaguá, segundo modalidades..... 137

6.3 Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Cascavel e destino a Paranaguá, segundo modalidades..... 143

6.4 Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Umuarama e destino a Paranaguá, segundo modalidades..... 145

6.5 Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Foz do Iguaçu e destino a Paranaguá, segundo modalidades..... 149

6.6 Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Pato Branco e destino a Paranaguá, segundo modalidades..... 153

6.7 Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Pato Branco e destino a São Paulo, segundo modalidades..... 157

6.8 Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Foz do Iguaçu e destino a São Paulo, segundo modalidades..... 160

A1.1 População e efetivos de suínos e de aves, por pólo, no Estado do Paraná..... 188

A1.2 Estimativa de consumo de milho e farelo no Estado do Paraná, segundo destinações para consumos humano, avícola e suinícola..... 189

A1.3 Estimativas de composição de rações (em %), por macroelementos e por destinação..... 190

A2.1 Distribuição espacial e capacidade (em *t*/dia) das empresas de processamento de oleaginosas no Estado do Paraná..... 191

A2.2 Distribuição espacial e capacidade (em *t*/dia) dos moinhos de trigo no Estado do Paraná..... 192

A3.1 Distâncias rodoviárias (em *km*) entre os pólos no Estado do Paraná..... 194

A3.2 Distâncias ferroviárias (em *km*) entre os pólos no Estado do Paraná..... 195

A5.1 Rotas rodoviárias utilizadas para a estimação da função de frete para o transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná..... 200

A6.1 Matriz de origem-destino para milho no Estado do Paraná em 1995, em *t*..... 202

A6.2 Matriz de origem-destino para soja no Estado do Paraná em 1995, em *t*..... 203

A6.3 Matriz de origem-destino para farelo de soja no Estado do Paraná em 1995, em *t*..... 204

A6.4 Matriz de origem-destino para trigo no Estado do Paraná em 1995, em *t*..... 205

A6.5 Matriz de origem-destino para milho no Estado do Paraná projetada para 2003, em *t*..... 206

A6.6 Matriz de origem-destino para soja no Estado do Paraná projetada para 2003, em *t*..... 207

A6.7 Matriz de origem-destino para farelo de soja no Estado do Paraná projetada para 2003, em *t*..... 208

A6.8 Matriz de origem-destino para trigo no Estado do Paraná projetada para 2003, em *t*..... 209

A7.1 Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 1995, considerando-se a infra-estrutura de transporte efetiva..... 211

A7.2 Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 1995, considerando-se que a FERROESTE estivesse em operação..... 212

A7.3 Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 1995, considerando-se que a FERROESTE estivesse em operação e com o estrangulamento corrigido a partir de Guarapuava..... 213

A7.4 Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 2003, considerando-se a FERROESTE como o único investimento ferroviário..... 214

A7.5 Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 2003, considerando-se algumas alternativas de investimento ferroviário..... 215

A7.6 Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 2003, considerando-se algumas alternativas de investimento ferroviário e que o estrangulamento da FERROESTE a partir de Guarapuava fosse corrigido..... 216

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

Autor: RICARDO SILVEIRA MARTINS

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ VICENTE CAIXETA FILHO

RESUMO

Este estudo teve como objetivo principal avaliar o transporte de milho, soja, trigo e farelo de soja no Paraná, com vistas à expansão da participação relativa do modal ferroviário, com interesse na redução dos custos da movimentação desses produtos. A agricultura e os setores ligados ao agronegócio têm importante participação na geração da renda deste Estado, o que torna a economia paranaense bastante sensível às alterações recentes dos cenários agrícolas, com maior abertura e integração regional.

A metodologia baseou-se em modelos de programação linear, operacionalizados em duas instâncias. Numa primeira, objetivando conhecer a demanda de transporte associada aos produtos, para 1995 e projetada para 2003, foram estimadas matrizes de origem-destino, tendo como impedância a distância. Numa segunda instância, com base nestes fluxos estimados, nos valores de fretes, rodoviários e ferroviários, e na capacidade de tráfego das ferrovias, foram operacionalizados modelos de minimização de custos de transporte que resultavam na racionalização da utilização da infra-estrutura de transporte no Paraná.

Identificou-se uma contribuição potencial das ferrovias bastante significativa, em termos de redução do custo de transporte. Os modelos de distribuição modal alocaram fluxos prioritariamente para o transporte ferroviário, sinalizando para que esta modalidade pudesse incrementar sua participação na matriz de transporte referentes aos produtos selecionados, principalmente com destino a Paranaguá.

Além do mais, foram destacados alguns investimentos prioritários nas ferrovias paranaenses. O aumento da capacidade do trecho Curitiba-Paranaguá demonstrou-se urgente, uma vez que nas simulações para 2003, a capacidade atual não comportaria o volume de tráfego necessário, assim como também foi considerada prioritária a correção do estrangulamento do trecho Guarapuava-Ponta Grossa, melhorando a posição competitiva da FERROESTE.

Novos ramais foram vislumbrados. Um primeiro, unindo Guaíra a Maringá, e outro, que uniria Foz do Iguaçu-Cascavel-Maringá, passando por Campo Mourão, o que teria a configuração da "ferrovia do MERCOSUL".

No caso do transporte intermodal, podem ser destacados dois pontos. Primeiro, que o modelo não atribuiu fluxo às alternativas intermodais, priorizando o transporte rodoviário ou ferroviário. Por outro lado, o custo de transbordo não alterou o ranque do transporte intermodal entre as alternativas investigadas.

RATIONALIZATION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN THE STATE OF PARANÁ: RAILROAD DEVELOPMENT AND ITS CONTRIBUTION TO THE SHIPMENT OF GRAINS AND SOYBEAN MEAL

Author: RICARDO SILVEIRA MARTINS

Adviser: Prof. Dr. JOSÉ VICENTE CAIXETA FILHO

SUMMARY

The main goal of this study was to evaluate the transportation of corn, soybean, wheat and soybean meal in Paraná (southern state of Brazil), with th purpose of expanding its relative share in the railway sistem, aiming at reducing the costs of grain transportation. Agriculture and agribusiness related sectors play an important role in the generation of income in the State of Paraná, which makes the economy of Paraná very sensitive to recent changes in the agricultural scenery, prompting greater opening and regional integration.

The methodology was based on linear programming models, conducted in two stages. Firstly, with the purpose of analyzing the transportation demand for 1995 and 2003 (projection) associated with the products, origin-destination matrices were estimated, using distance as impedance. Secondly, based on this estimate, considering road and rail freight costs and the capacity of railroad traffic, transportation costs minimization models were applied resulting in the rationalization of Paraná transportation system use.

A significant potential contribution of railroad in reducing transportation costs was identified. The modal distribution models gave relevance to the railroad system, showing that its share in the transportation matrix of selected products could be expanded, mainly the transportation to Paraná's largest port, Paranaguá.

Furthermore, some priority investments in the railroads of Paraná were highlighted. The increase in the Curitiba-Paranaguá stretch capacity showed to be urgent, for, based on simulations for 2003, the current capacity would be inadequate for the necessary volume of traffic, and it was also found out that the correction of the bottleneck of the Guarapuava-Ponta Grossa stretch is a priority, which will bring FERROESTE into a better competitive situation.

New rail stretches were envisaged. The first one connecting Guaíra to Maringá, and the other, connecting Foz do Iguaçu-Cascavel-Maringá through Campo Mourão, which would be similar to the "MERCOSUR railroad".

As to intermodal transportation, two aspects can be pointed out: first, the model has not favored flow to intermodal alternatives, giving priority to road or rail transportation; on the other hand, the transshipment cost has not changed the ranking of intermodal transportation among the alternatives studied.

1 INTRODUÇÃO

O setor de transportes é uma atividade econômica vital para o funcionamento do sistema econômico, pois, os serviços que produz são absorvidos, basicamente, por todas as unidades produtivas.

Nesta perspectiva, os investimentos em transporte influenciam a localização da atividade econômica. Melhorias nos transportes permitem unir os fluxos que ligam áreas de produção e consumo, proporcionando novos esquemas de divisão geográfica do trabalho.

Mais que exercer influência sobre a localização, a disponibilidade de uma eficiente infra-estrutura de transporte possibilita a especialização regional, ao permitir atingir mercados mais amplos e mais distantes. Essa função econômica dos transportes tem sido requerida mais intensamente nos tempos atuais, em que a globalização imprime uma necessidade de uniformização geral de custos para efeitos de competitividade.

Com relação à agricultura, as facilidades de transportes influenciam o potencial de especialização agrícola da região por melhorar o intercâmbio interregional de mercadorias, compatibilizando desenvolvimento agrícola e desenvolvimento econômico (Nicholls Jr., 1969).

Estes efeitos recaem também no caso da localização da agroindústria processadora em função dos custos de transferências e serviços disponíveis. No processo de tomada de decisão da implantação de determinado empreendimento, são avaliadas as localizações alternativas, considerando-se os serviços de transporte para a aquisição de matéria-prima e

Além de influenciar a especialização agrícola regional e na localização da agroindústria, segundo Misses (1993), transporte e agricultura se interrelacionam tanto na fase produtiva quanto no escoamento da produção, indicando a necessidade de política e planejamento integrado destes setores da economia nacional. Pode-se analisar esta interrelação sob dois aspectos. Primeiramente, o transporte pode ser entendido como indutor da produção agrícola, ao proporcionar o aproveitamento de terras agricultáveis que estejam distantes dos centros consumidores e dos portos marítimos. Isto envolve políticas de abastecimento interno e de comércio exterior. Por outro lado, o transporte também possibilita aumentos de produtividade ao intensificar as compras de insumos do setor industrial, quase sempre situados na região urbana, pelas regiões agrícolas. Isto obriga, entre outros, investimentos em estradas vicinais e alimentadoras, equipamentos de transporte e manuseio, instalações em beneficiamento e armazenagem.

Muitos exemplos internacionais destacam como essa interrelação atuou historicamente. Nicholls Jr. (1969) relata a influência das ferrovias na expansão agrícola e industrial nos Estados Unidos. Por sua vez, Owen (1973) registra efeitos similares na Bolívia, Tailândia e Costa Rica, como fruto de empreendimentos rodoviários, ao passo que ressalta que são igualmente numerosos os exemplos nos quais as deficiências de transporte criaram obstáculos para a produção agrícola, enquanto inviabilizavam a especialização dos agricultores nas colheitas que ofereciam o maior potencial de lucratividade.

No que diz respeito à agricultura brasileira, o país não tem conseguido converter vantagens comparativas da produção em competitividade na comercialização. Dentre os fatores que têm proporcionado estas dificuldades, os principais deles encontram-se relacionados aos custos de transporte (Ferreira et al., 1993), o que pode também ser confirmado, por

exemplo, por Williams e Thompson[1], os quais ressaltam que um dos principais fatores que explicam o diferencial de custos de comercialização da soja entre Brasil e Estados Unidos é o custo de transporte.

Por sua vez, Wilkinson (1995) também chama a atenção para a importância de uma melhoria radical na infra-estrutura de transporte como uma das medidas mais importantes no sentido de criação e manutenção de competitividade da agroindústria brasileira. Isto acontece em função, basicamente, de dois aspectos: a concentração do transporte de mercadorias no modal rodoviário e investimentos insuficientes a partir dos anos 80, para a manutenção e expansão dos sistemas de transporte em níveis compatíveis com a demanda.

Alguns fatores têm concorrido para a inadequação sentida atualmente. Historicamente, a falta de coordenação no processo de constituição e consolidação da infra-estrutura de transporte fez com que sempre fosse priorizada uma modalidade de transporte, em cada período distinto: em fins do século XIX e início deste, as ferrovias, e dos anos de 1950 em diante, as rodovias (Barat, 1978; Castro & Lamy, 1994; Galvão, 1995). Dos anos 80 em diante, a redução acentuada dos investimentos no Brasil piora a situação ao não viabilizar novos investimentos e a manutenção em níveis satisfatórios da infra-estrutura de transporte existente (Castro, 1987; Diniz & Lemos, 1990; Ferreira, 1994).

1.1 Problema

O desenvolvimento da agricultura exige uma infra-estrutura adequada ao escoamento de suas safras. Isto porque, embora os custos de transporte sejam relevantes em qualquer atividade econômica, estes se tornam mais significativos no caso dos produtos agrícolas. Estima-se que a

[1] Williams, G. W. & Thompson, R. L. **The Brazilian soybean industry:** economic structure and policy interventions. Department of Agriculture Economics, Purdue University, 1982.

participação dos custos de transporte, no preço final dos produtos agrícolas no atacado, seja mais que duas vezes maior em relação aos produtos manufaturados. Além do mais, a variável preço é um importante elemento na construção da competitividade de *commodities*, conforme Ferraz et al. (1995), importância esta reforçada pelos cenários agrícolas atuais, que combinam maior abertura e integração regional.

Sendo assim, uma primeira aproximação para se avaliar o desempenho da infra-estrutura de transporte é através do conhecimento dos fluxos de produtos, quanto às suas origens e destinos, para se avaliar os modais de transporte disponíveis, seus traçados e seus custos para, a partir daí, se propor soluções que minimizem custos e perdas, visualizando-se soluções alternativas ou aperfeiçoamentos da infra-estrutura existente.

No caso do Estado do Paraná, a problemática da adequação da infra-estrutura de transporte é potencializada por algumas razões. Primeiramente, deve-se considerar a predominância agrícola e agroindustrial na economia local[2] e a participação desses seus gêneros nas exportações brasileiras. Conforme Magalhães Filho (1974), a economia paranaense está baseada, e essa vem sendo sua característica histórica, na exportação, tanto para o exterior quanto para outras regiões brasileiras, de produtos primários, com destaque para grãos. Nessas atividades, o Paraná ocupa papel relevante no conjunto da economia brasileira, tanto por sua participação na oferta quanto por sua rápida resposta aos estímulos de mercado. Nesse caso, aumentos de custos podem converter-se em ameaça à posição competitiva da produção local no mercado internacional. Por outro lado, a localização das agroindústrias é influenciada por fatores diversos, tais como disponibilidade e qualidade da matéria-prima e da mão-de-obra, bem como pelas facilidades de comercialização da produção (disponibilidade e pelo custo do transporte).

---

[2] As agroindústrias respondem por 33% do PIB industrial do Estado, segundo GAZETA MERCANTIL. **Paraná** - Balanço anual 1995/96, ano 2, n. 2, agosto de 1995 (pág. 6).

Alguns trabalhos (por exemplo, Borges, 1977; Wright, 1980) chamaram a atenção para a existência de pontos de estrangulamento na infra-estrutura de transporte no Estado. Uma vez que estes gargalos não foram corrigidos, ou o foram apenas parcialmente, eles representaram obstáculos para a plena utilização da capacidade de produção do Estado do Paraná e vêm sendo responsabilizados pela perda de competitividade na produção da soja para outros estados, notadamente, Maranhão e Pará. Conforme FAEP (1995), a diferença entre o uso da intermodalidade no transporte da soja produzida nestes estados e os serviços de alta qualidade oferecidos pelo Porto da Ponta da Madeira em Itaqui (MA), contrastando com os altos preços do frete rodoviário e os custos dos portos de Paranaguá e Rio Grande, influenciaram decisivamente a perda de participação da Região Sul na área nacional de soja (80% em 1982 e 44,5% nos anos 1990-95).

Além de não ter acompanhado o ritmo de crescimento do movimento de cargas, a infra-estrutura de transporte do Estado também revela inadequações, como a predominância do sistema rodoviário.[3] Nestas circunstâncias, tomar ciência da real situação, ressaltar suas deficiências e buscar alternativas, pode representar um passo importante na criação de novas vantagens competitivas para o Estado. O fato de não utilizar o modal de menor custo ou a não existência de uma conexão eficiente entre os modais (intermodalidade), representa um adicional de custos na comercialização, dificultando a equiparação dos níveis de preços nos mercados interno e externo de produtos agrícolas.

Na situação de tomador de preços, a tarefa de maior alcance é minimizar custos para ser competitivo. Esta separação geográfica entre a produção agrícola, a oeste, e as regiões de consumo e exportação, a leste, demanda um sistema de transporte de grande volume a baixo custo

[3] Segundo FAEP (1995), o frete rodoviário dos principais pontos de comercialização (Ponta Grossa, Londrina, Guarapuava, Maringá e Apucarana) de soja no Estado ao Porto de Paranaguá é, em média, 18% superior ao ferroviário.

operacional, aspectos inerentes ao transporte ferroviário e hidroviário. Enquanto nas regiões Oeste e Sudoeste produz-se 50 e 83%, respectivamente, do total da soja e do trigo paranaenses, nelas concentram-se 20,7 e 16% da capacidade instalada para processamento, respectivamente, de soja e trigo.[4]

Ademais, o ganho social de melhorias nos transportes é significativo especialmente naqueles casos em que os custos de transporte constituem-se numa grande parcela do custo total, como é o caso dos produtos agrícolas.

1.2 Objetivos

O objetivo geral do presente estudo é avaliar o transporte de milho, soja, trigo e farelo de soja no Estado do Paraná, com vistas à expansão da participação relativa do modal ferroviário.

Para tanto, delineiam-se como objetivos específicos:

a) Levantar evidências históricas que expliquem os determinantes da atual estrutura ferroviária no Estado;

b) Estimar matrizes de origem-destino correspondentes aos grãos e farelo de soja no Estado, que dizem respeito aos fluxos relativos a 1995 e a cenários futuros;

c) Identificar e analisar a participação das ferrovias na alocação modal ótima que racionaliza a utilização da infra-estrutura de transporte disponível para a movimentação de grãos e farelo de soja entre os pólos, simulando-se novas ligações ferroviárias;

d) Identificar possíveis novas ligações ferroviárias a partir de sua vantagem de menor frete e dos fluxos estimados;

---

[4] Conforme dados da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (PR), da Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (ABIOVE) e da Associação Brasileira da Indústria de Trigo (ABITRIGO) utilizados nesta pesquisa.

e) Avaliar hipóteses alternativas de intermodalidade para as principais rotas de transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná.

1.3 Estrutura do trabalho

No próximo capítulo, apresenta-se as ferrovias no contexto do desenvolvimento dos transportes, ao mesmo tempo em que são apresentadas experiências de países selecionados. No capítulo 3, são explorados os fatores históricos condicionantes da atual malha ferroviária paranaense.

A partir dos fluxos de grãos evidenciados com base na metodologia de matrizes de origem e destino, apresentada no capítulo 4, objetiva-se avaliar o transporte ferroviário de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná, com ênfase à sua participação na utilização racional da infra-estrutura de transporte disponível e nos cenários de expansão ferroviária, identificando-se rotas que possam viabilizar novos empreendimentos, com base nos valores de frete estimados (capítulo 5) e levantando-se a contribuição potencial das ferrovias (atuais e novas) no transporte intermodal no Estado para o transporte de grãos e farelo de soja (capítulo 6). Finalmente, no capítulo 7, estarão reunidas as conclusões deste estudo.

2 AS FERROVIAS NO DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

Dada a forma de inserção econômica, como atividade meio, a infra-estrutura de transporte tem uma variedade de efeitos benéficos sobre a sociedade, tais como aqueles referentes à disponibilidade de bens, à extensão dos mercados, à concorrência, aos custos das mercadorias, à especialização geográfica e à renda da terra.

Primeiramente, os transportes têm a função básica de proporcionar elevação na disponibilidade de bens ao permitir o acesso a produtos que de outra maneira não estariam disponíveis para uma dada sociedade ou o estariam apenas a um elevado preço. Têm, assim, a função econômica de promover a integração entre sociedades que produzem bens diferentes entre si.

Uma outra função econômica atribuída ao sistema de transporte é a possibilidade de expandir mercados. Fair & Williams (1959) destacam que o sistema de transporte eficiente permite produção em larga escala para grandes mercados. Viabilizam uma maior racionalidade produtiva ao apresentarem maior mercado potencial, o que permite produzir numa escala compatível com produção mais eficiente economicamente, o que não seria possível sem se vislumbrar maior demanda. Para isto ocorrer, requerer-se-á do sistema de transporte baixo custo, confiabilidade e rapidez.

Uma vez que permite às sociedades acesso a produtos produzidos fora de seus ambientes, o sistema de transporte tem um

importante papel potencial de romper monopólios, provocados pelo isolamento geográfico, na produção e na comercialização de mercadorias . Conforme Locklin (1954), o efeito dessas alterações se refletirá diretamente nos preços, pois um mercado central que deriva sua oferta de muitas fontes e que distribui o produto a muitos consumidores, estará menos sujeito a variações extremas nos preços. Assim, a variação de preços das mercadorias é limitada pelas fontes alternativas de oferta tornadas possíveis pela eficiência de transporte.

A competição entre todos os vendedores é promovida pela melhoria dos transportes: um vendedor mais distante é capaz de competir com outro mais próximo se seus custos são comparativamente inferiores. Os benefícios econômicos relacionados são a estabilidade de preços, uma oferta mais adequada e estável, além de maior competição, no sentido de acesso a fontes alternativas.

Segundo Locklin (1954), o mais importante efeito de reduções nos custos de transporte está na redução do custo dos bens, seja na comercialização, seja na aquisição de insumos. Estes efeitos são decorrentes das demais funções aqui relacionadas.

Um outro efeito dos transportes é, também, possibilitar a especialização regional da produção. A divisão geográfica do trabalho pode ser orientada pela vantagem absoluta de custos ou pela vantagem comparativa de custos. A vantagem absoluta de custos foi um conceito elaborado por Adam Smith, como uma primeira tentativa na explicação dos fluxos interregionais de comércio.[1] Segundo sua formulação, as nações ou regiões deveriam concentrar seus esforços naqueles produtos que produzem a menor custo e adquirir fora aqueles nos quais seja inquestionavelmente menos eficiente. Então, a especialização produtiva para regiões ou países é vantajosa, pois

[1] Na obra *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations* (1776).

possibilita às sociedades que participam do processo consumir mais e a menor custo.

Aprofundando-se nas idéias sobre vantagens absolutas desenvolvidas por Smith, David Ricardo propôs que mesmo que uma nação ou região produzisse todas as mercadorias comercializadas mais eficientemente que outra, ainda assim as duas seriam beneficiadas pela prática do livre comércio, desde que uma das nações não fosse igualmente menos produtiva em todas as mercadorias. Isto é, comparativamente, uma nação ou região é mais eficiente no caso de um produto, e a outra seria menos ineficiente no caso do outro produto. É o que ficou conhecido como Teoria das Vantagens Comparativas.[2]

Tanto Adam Smith quanto David Ricardo, ao formularem estes princípios, abstraíram-se dos custos de transporte. No entanto, a inserção da problemática dos custos de transporte dá uma explicação mais satisfatória à questão do que influenciaria o intercâmbio interregional de mercadorias. Em suma, não basta produzir a menor custo: os custos de transporte interferem nos custos da comercialização do produto e, por isso, podem reverter uma vantagem tanto absoluta quanto relativa de custos. Então, além de produzir a menor custo, a região tem que distribuir a um custo compativelmente baixo para alcançar a condição que lhe assegurará a especialização produtiva, possibilitada por uma maior escala de produção e que se reverterá à sociedade como um todo na forma de ganhos de bem-estar, resultante da sua dedicação ao ato de produção com maior produtividade e consumo de outros produtos a menor preço. Isto de alguma maneira explica a distribuição espacial da produção.

Como enfatiza Locklin (1954), a especialização geográfica e os ganhos de bem-estar que as sociedades envolvidas possam alcançar são

---

[2] Para maiores detalhes, consultar RICARDO, D. **Princípios de economia política e tributação**. São Paulo: Abril Cultural, 1982. 286 p. ("Os Economistas"), versão da obra *The principles of political economy and taxation* (1817).

inteiramente dependentes dos transportes. Não haverá especialização sem que haja mercado para onde vender os produtos nos quais especializou-se e para adquirir os demais necessários. Os benefícios sociais podem ser facilmente obstruídos se os transportes ocorrem a elevados custos, o que torna a especialização impossível. Por exemplo, nos Estados Unidos, as primeiras ferrovias foram projetadas para viabilizar esta especialização.

Para Fair & Williams (1959), um dos maiores efeitos dos transportes recai sobre a possibilidade de aumento da renda da terra. As melhorias nos transportes podem ampliar as alternativas e extensão do uso econômico da terra. A renda da terra para qualquer uso depende da produtividade que, por sua vez, depende da característica da terra e de sua localização. O valor dos recursos naturais varia de acordo com estes dois fatores. Ao estender a área de produção lucrativa para um dado mercado, as melhores condições dos sistemas transporte compensam, parcialmente, problemas de localização e qualidade de determinadas faixas de terra. Locklin (1954) fornece alguns exemplos da história econômica dos Estados Unidos, quando da introdução das ferrovias e dos canais de navegação. Por exemplo, com a abertura do Canal *Erie* em 1825, o custo de transportar 1 tonelada entre *Buffalo* e *Albany* reduziu-se de US$100 para US$3. Na Inglaterra, os preços dos grãos reduziram-se de 40 a 50%, reflexo do barateamento do transporte proporcionado pelas ferrovias nos Estados Unidos.

Mais recentemente, conforme destaca Itani (1995), o setor de transportes ocupa uma posição importante no processo de globalização. Isto porque, segundo Owen (1983), após ter ultrapassado os estágios de imobilidade e isolamento (caracterizado pela necessidade de auto-suficiência), de mecanização e comércio regional (onde obteve-se sucesso na conjugação locomoção e roda e viabilizou-se a especialização), depois a motorização e aviação (que proporcionaram a construção de uma economia em bases nacionais), a humanidade vive a era do transporte internacional e da economia global. Nesta nova fase, os transportes devem ser vistos mais em

termos de objetivos nacionais, aspirações que tornem o país competitivo nos mercados mundiais.

Finalmente, conforme chamam a atenção Fair & Williams (1959), os transportes cumprem uma importante função social. Estes permitem a mobilidade das pessoas, estimulando a disseminação de informações e idéias. Além do mais, interrelacionando-se com a distribuição dos recursos, topografia e desenvolvimento do comércio, é um dos condicionantes da distribuição da população.

A importância relativa das cidades pode mudar também com o desenvolvimento de novas modalidades de transporte. Isto é, o padrão e o tamanho de uma cidade são largamente moldados pela natureza das disponibilidades de transporte. Assim aconteceu, por exemplo, com Atlanta, nos Estados Unidos, que se transformou no maior centro comercial dos Estados do Atlântico Sul, como resultado de ter sido privilegiada pelo eficiente sistema ferroviário (Fair & Williams, 1959).

2.1 Transportes e desenvolvimento econômico

Conforme desenvolvido anteriormente, percebe-se que o transporte tem um papel vital naqueles elementos considerados prioritários em políticas para o desenvolvimento: exploração de recursos, divisão do trabalho, aumento do valor da terra e produção em larga escala.

Fair & Williams (1959) destacam, ademais, que existem relações recíprocas entre desenvolvimento dos transportes e progresso econômico. Nenhum pode preceder ao outro por um período de tempo razoável, em função de suas estreitas relações mútuas. Ocorre, desta maneira, um intenso processo de interação de forças econômicas. Melhorias nos transportes estimulam progressos na indústria e vice-versa. Para Owen (1959), essa relação estreita permite comparações entre países em diferentes estágios de desenvolvimento econômico. Segundo o autor, as comparações da

extensão de rodovias pavimentadas, da relação número de carros/população e da densidade do tráfego ferroviário, entre países, tomando-se por base que o fluxo de mercadorias é em grande parte reflexo das potencialidades de produção de riquezas, podem servir de indicadores do desenvolvimento local.

Por outro lado, os investimentos em transporte recaem sobre os setores tradicionalmente mais dinâmicos da economia. Isto é, são setores que por possuírem relativamente altos índices de ligação para frente e para trás, são importantes agentes de estímulo para os demais, o que se reverte em grande potencial de geração de renda e emprego.[3] Notadamente, são os casos da indústria automobilística, metalurgia, construção civil, mecânica e material elétrico, mais diretamente.[4]

Segundo Muskin (1983), a infra-estrutura física interrelaciona interesses da comunidade e das empresas. Permite às empresas produzir a níveis mais elevados de eficiência, que resultam em produção com maior rentabilidade e para mercados mais amplos. Os efeitos sobre a comunidade são os maiores níveis de emprego e sua maior prosperidade. Também permite que o produtor selecione um maior número de compradores. O autor, ainda, coloca os transportes como a principal parte da infra-estrutura física.

Para Barat (1969), o investimento em transportes é estratégico para uma política de desenvolvimento econômico, principalmente se é levada em conta sua alta relação capital-produto, notadamente nas regiões que se encontram em estágios incipientes de desenvolvimento. Embora na prática sejam observadas correlações positivas entre incrementos nas facilidades de

---

[3] Os índices de ligação para trás procuram avaliar a importância dos diferentes setores como demandantes de insumos dos demais, enquanto os índices de ligação para frente objetivam mensurar a importância de um determinado setor no fornecimento de insumos aos demais, conforme GUILHOTO, J. J. M. Mudanças estruturais e setores-chave na economia brasileira, 1960-90. *In:* ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMETRIA, 14, 1992. **Anais...**, SBE, 1992. Vol 1. p. 293-310.

[4] Para uma melhor visualização deste potencial na economia brasileira, consultar GUILHOTO, J. J. M.; SONIS, M.; HEWINGS, G. J. D.; MARTINS, E. B. Índices de ligação e setores-chave na economia brasileira: 1959/80. **Pesquisa e Planejamento Econômico,** v. 24, n. 2, p. 287-314, ago./1994.

transportes e acréscimos de produto, tudo indica que o investimento em transportes deve ser entendido como uma soma de recursos disponíveis que é desviada para a futura geração de um serviço.

Os investimentos contínuos em transporte exercem papéis ativos e passivos no alcance de objetivos de desenvolvimento. Conforme Dahms (1983), os transportes podem influenciar ativamente o desenvolvimento em situações tais como aquelas onde se depara com uma região estagnada ou mesmo quando se viabiliza uma determinada fronteira agrícola. Seu papel passivo se refere à situação de sua não provisão poder retardar o crescimento de uma região: a economia da região cresceria limitada pelo incremento da demanda. Este último papel, porém, tem mais importância na atualidade, onde o crescimento econômico está estritamente ligado às possibilidades de abertura de novos mercados.

Na decisão sobre quais investimentos em transporte devam ser privilegiados no sentido de se atingir objetivos de desenvolvimento, a distinção entre estes papéis, ativos e passivos, é irrelevante. Em quaisquer casos, os investimentos têm funcionalidade econômica e os tomadores de decisão deverão optar pelos projetos que sejam mais produtivos.

Apesar da destacada importância dos transportes, segundo Heymann Jr. (1965), há sérias dificuldades no desenvolvimento de um sistema ideal, principalmente pelo fato dos transportes serem concebidos para atingir objetivos econômicos e não-econômicos. Alguns dos objetivos econômicos são: explorar recursos naturais, elevar a produtividade agrícola, aumentar o rendimento industrial e melhorar o consumo *per capita*. Concorrem com estes, os objetivos não-econômicos, que seriam: promover unidade política, reforçar a defesa do país e elevação de padrões sociais. Percebe-se conflitos entre os objetivos, algumas vezes concorrentes entre si, outras vezes mesmo incompatíveis, o que torna a elaboração de um sistema eficiente uma tarefa de difícil solução sob a maioria dos pontos de vista disponíveis para tal.

Neste aspecto, a análise econômica auxilia na compreensão de como escolher, mas não do que escolher. Para Heymann Jr. (1965), o problema da escolha de objetivos não é muito compatível com o instrumento de trabalho do economista. Como o problema fundamental é escolher o *mix* apropriado de objetivos e, dado que muitos desses objetivos envolvem valores individuais ou comunitários, tal arcabouço normalmente implica a análise de decisões subjetivas.

Deve-se reconhecer que a escolha entre sistemas alternativos de transporte nacional afeta fundamentalmente e determina em parte a trilha do desenvolvimento da nação e sua estratégia de crescimento. Isto não é um problema de eficiência econômica, porém, uma decisão política de alto nível, à qual não se aplica nenhum critério único.

No caso dos países em desenvolvimento, Heymann Jr. (1965) acrescenta uma tarefa igualmente importante à analise econômica: apresentar alternativas. Na sua maioria, as sociedades em transição possuem uma concepção limitada das opções que lhe estão abertas para futuros padrões de vida, tanto de indivíduos como da comunidade. Assim sendo, seria um erro do planejador de transportes apenas aceitar os objetivos atuais da comunidade e seus respectivos valores e tentar construir um ótimo sistema de transporte correspondente a ele. É importante vislumbrar alternativas, incorporando cenários futuros de desenvolvimento.

2.2 O desenvolvimento histórico dos sistemas de transporte: da concorrência à intermodalidade

Esta seção visa apresentar a evolução dos sistemas de transporte, após as considerações de sua importância para o desenvolvimento econômico, destacando os períodos de auge e declínio associados às modalidades, numa era em que estas eram encaradas como concorrentes e excludentes entre si, até a preocupação atual da simultaneidade da

funcionalidade e da ampliação de alternativas de transporte, com ênfase no papel desempenhado pelas ferrovias no transcorrer do processo.

2.2.1 O surto ferroviário no século XIX

As ferrovias desempenharam importante contribuição ao desenvolvimento econômico de grande parte das nações no século XIX. Na verdade, seu sucesso deveu-se ao fato de ter preenchido a lacuna deixada pelo transporte hidroviário, que não conseguia movimentar cargas pesadas a grandes distâncias e apresentava dificuldades em suplantar barreiras naturais, como montanhas, o que fazia com que nem sempre atingisse localidades desejáveis.

Segundo Savage (1959), numa revisão das conseqüências do desenvolvimento das ferrovias, podem ser distinguidos efeitos gerais sobre a vida econômica e social, e efeitos sobre os modais anteriormente existentes de transporte. As ferrovias estimularam o aumento de viagens de passageiros, aumentando a mobilidade da população, alavancando as viagens de negócio e influenciando o crescimento de cidades. Por outro lado, proporcionaram uma significativa expansão da movimentação de cargas ao oferecer um transporte mais rápido e de menor custo.

Como destaca Fogel (1964), o rápido desenvolvimento das ferrovias no século XIX foi uma conseqüência do conhecimento adquirido no curso da revolução científica dos séculos anteriores. Esse conhecimento forneceu a base para uma multiplicidade de inovações que foram aplicadas num amplo espectro de processos econômicos. Dessa maneira, a ferrovia, assim como as melhorias na engenharia a vapor, na mecanização da produção têxtil, no desenvolvimento da refrigeração, foi uma parte e não uma condição para a revolução industrial. Estas inovações refletem, acima de tudo, um grande esforço para a aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos para a melhoria da qualidade de produtos e redução de custos. Entretanto, as

ferrovias assumem importância particular dentro deste conjunto de aplicações pela função de especialização regional e expansão demográfica que representou em algumas nações.

As ferrovias representaram, inicialmente, ou uma alternativa ao transporte hidroviário ou mantiveram características de complementaridade a ele. Segundo Fair & Williams (1959), por exemplo, na Inglaterra, as ferrovias pioneiras *Stockton and Darlington*, abertas em setembro de 1825, foram construídas para facilitar o escoamento do carvão, esquivando-se dos cursos tortuosos do Rio *Tees*. Cinco anos mais tarde, foi aberta a *Liverpool & Manchester Railways*, para o transporte de passageiros e cargas em geral, acabando com a exclusividade do transporte hidroviário de carvão. Já nos Estados Unidos, as primeiras ferrovias, caracteristicamente de pequena extensão, surgiram como complementares ao transporte hidroviário, outrora predominante, servindo a alguns centros que haviam desenvolvido fortes relações comerciais.

Muitos países, no século XIX, tiveram nas ferrovias seu maior estímulo ao desenvolvimento. Nessa época, as ferrovias representaram o único modo de transporte para atingir locais, velocidade e segurança impensáveis para o transporte hidroviário, então predominante. Em grande sentido, as ferrovias viabilizaram a especialização regional e provocaram um grande surto de crescimento mercantil entre as nações e dentro delas.

Cabe, no entanto, destacar alguns aspectos relativos às características dos obstáculos, e das condições favoráveis que envolveram o ambiente no qual se desenvolveram as ferrovias pioneiras. Comumente, as primeiras ferrovias requeriam um volume de capital alto para os padrões da época que, aliado às incertezas futuras quanto a problemas técnicos, operacionais e comerciais, faziam com que os investimentos fossem realizados apenas por corporações, e algumas vezes até mesmo estimulado por algum tipo de subsídio estatal. Essas corporações detinham o monopólio do comércio nas linhas, fornecendo seus próprios veículos e força motriz, e organizando

todo o esquema de tráfego, a fim de que se garantisse segurança e regularidade.

Para Fair & Williams (1959), talvez o maior obstáculo que tenha cercado as ferrovias pioneiras tenha sido o ceticismo. Inicialmente, com o envolvimento público, muito se criticava o investimento subsidiado e os desvios de outras áreas concebidas como prioritárias. Em grande parte, esta oposição se devia a *lobbies* de grandes empresas que operavam o transporte pelos canais hidroviários. Além disso, muitos problemas técnicos foram enfrentados nos primórdios das ferrovias, o que fez com que se levasse algum tempo até se definir o padrão de construção ideal, bem como das estruturas. Além disso, eram altos os custos dos equipamentos. Concorriam com estes, os problemas físicos, ou seja, as dificuldades de construção das ferrovias, criadas pelas condições naturais de relevo, clima, solo e rios. As dificuldades de financiamento vinham completar esse universo, uma vez que as rotas eram longas, incluindo muitas vezes regiões inabitadas e sem fluxos de mercadorias consistentes.

Porém, os desenvolvimentos técnicos contemporâneos às ferrovias pioneiras criaram uma perspectiva de melhora constante da prestação de serviços. O sucesso foi garantido pela adequação ao transporte de cargas pesadas e perigosas a uma velocidade maior, com pouca incidência de acidentes.

Estes aspectos mudaram a forma de se tratar o empreendimento ferroviário, fazendo com que os Estados Unidos experimentassem um *boom* de investimentos na área, tornando-se a maior nação ferroviária. Locklin (1954) classifica esse período (1859-90) como a "era da construção de ferrovias". Eram cerca de 35 *km* de ferrovia em uso nos Estados Unidos em 1830, que saltaram para 263.283 *km* em 1890. Nessa década de 1890, foram construídos cerca de dois terços da malha existente. Atingiu-se o auge em 1916, com 408.833 *km*.

Segundo Nicholls Jr. (1969), as ferrovias tiveram um grande impacto na expansão agrícola e industrial nos Estados Unidos. Por exemplo, proporcionaram inicialmente a ocupação agrícola, depois a pecuária e em seguida o avanço das indústrias ligadas à agricultura do oeste do país. Além do mais, possibilitaram a movimentação da indústria frigorífica do leste para o oeste e de *Ohio Valley* para *Lakes Region*, deu as bases para que a suinocultura em Chicago triplicasse entre 1852 e 1860, deslocou espacialmente os moinhos e promoveu o desenvolvimento da indústria de ovos do sudeste norte-americano, ao abaixar os custos de transporte de ração.

Lardner (1968) relata experiências da Bélgica e França. No caso da Bélgica, a opção ferroviária deu-se em 1834, logo após ter se tornado independente da Holanda. Concebeu-se um sistema ferroviário belga que propiciasse o estabelecimento de relações com outros países, para que, desta maneira, se sustentasse a tranquilidade geral e o respeito à independência do novo estado. Internamente, o impacto das ferrovias belgas foi a dinamização do comércio. Exemplificando, entre 1839 e 1843, o movimento de importações e exportações no Porto da Antuérpia incrementou-se em mais de 60%, tendo sido duplicadas a produção de carvão e a exportação de ferro fundido.

A França sensibilizou-se para a alternativa ferroviária em 1835, influenciada pelas notícias de sucesso da *Liverpool & Manchester Railway* e de outros empreendimentos acontecidos na Inglaterra. Graças a M. Emile Pereire, foi constituída uma companhia com interesse em ligar Paris a St. Germain, em função das vantagens da nova opção de transporte. Basicamente, o sistema ferroviário francês consolidou-se com investimentos privados e garantidos pelo governo, que asseguravam uma taxa de retorno sobre o capital de 4% a. a., por 99 anos (Lardner, 1968).

A experiência inglesa com as ferrovias remonta-se às primeiras duas décadas do século passado (Savage, 1959). Já em 1801, o Parlamento autorizava o funcionamento da primeira ferrovia pública, *Surrey Iron Railway.* Porém, em 1825, com a entrada em funcionamento da *Stockton and Darlington*

Railways, a Inglaterra deixa claro sua opção pelo transporte ferroviário, em detrimento do hidroviário, para o mais eficiente escoamento de carvão. Em 1830, com a abertura da *Liverpool & Manchester Railways* para o transporte de passageiros e cargas em geral, inaugura-se a era ferroviária inglesa. Um fato que distingue o processo inglês foi a predominância do capital privado nos projetos iniciais.

Procedendo estudo sobre o papel das ferrovias na economia alemã, Fremdling (1977) concluiu que o setor ferroviário foi aquele que mais acumulou capital no período entre 1840-80. Isso representou um importante estímulo para a economia, de forma que tanto o crescimento quanto a modernização da indústria alemã de aço e, em menor extensão, o setor de construção, podem ser considerados como conseqüências das ferrovias. Os investimentos em ferrovias elevaram de 3% do estoque total de capital da economia alemã, em 1850, para 12%, entre 1879-1885. Durante o mesmo período, a participação do capital ferroviário no produto total dos principais setores da economia alemã (mineração, manufatura, comércio, bancos, seguro e transporte) incrementou-se de 15 para 62%. Além disso, os investimentos ferroviários tiveram conotação anti-cíclica no produto e no emprego, ao permanecerem estáveis enquanto o investimento global declinava.

No caso da Rússia tzarista, segundo Metzer (1974), a expansão das ferrovias ocupou um importante papel na política de desenvolvimento no final do século XIX, quando se pretendia colocar o país numa rota de modernização e industrialização, partindo-se de um estado pré-industrial e pré-capitalista. Pelas ferrovias foi possibilitada a integração dos mercados. No caso da comercialização de produtos agrícolas em si, o desenvolvimento de um mercado nacional é visto como um indicador de modernização. Metzer concluiu que a redução nos custos de transporte proporcionada pelas ferrovias e os recursos investidos na construção tiveram um impacto decisivo na qualidade do comércio interregional na Rússia Européia. Teve um importante papel na melhora dos termos de comércio, quando forçou a queda

nos diferenciais de preços dos grãos, trigo e centeio entre as regiões. O autor estimou que 83% do declínio no diferencial de preços foi resultante das variações nos custos de transporte. O efeito líquido desse processo foi uma maior especialização regional da produção agrícola na Rússia e a apresentação das ferrovias como uma nova oportunidade para investimentos.

No México, conforme Coatsworth (1979), o impacto das ferrovias também foi bastante significativo e tem uma conotação especial pelo país não contar com canais hidrográficos adequados ou de fácil adequação para o transporte. Proporcionou crescimento econômico, maior que aquele experimentado pelas nações industrializadas, e ao mesmo tempo desequilibrado, por ter concentrado seus efeitos em apenas alguns setores. Após a inauguração da primeira ferrovia em 1873, capitais norte-americanos e europeus, amparados num subsídio governamental de um terço do custo de construção, expandiram os 893 *km* da malha mexicana, em 1879, para 19.205 *km*, em 1910. Com isso, credita-se a este efeito mais da metade do aumento de produtividade da economia mexicana no período anterior a 1910, sendo o setor exportador seu maior beneficiário.

No caso do Brasil, a implantação das ferrovias deu-se no período 1840-89. Segundo Duncan (1932), o método utilizado pelo governo para promover o desenvolvimento de ferrovias no país foi o subsídio ao capital privado, na forma de garantia de retorno sobre o capital investido. Porém, nos primeiros anos, o acesso da costa para o interior, o volume de chuvas, o clima tropical, a escassez de carvão e a instabilidade econômica obstaculizaram o interesse do capital estrangeiro. Somente em 1854 entra em operação a primeira ferrovia, que ligava Estrella, na baía do Rio de Janeiro, ao pé das montanhas, com cerca de 14 *km* de extensão.

Porém, conforme Duncan (1932), novos surtos de expansão ferroviária só voltariam a ocorrer no Brasil após a segunda metade da década de 1870. Inicialmente, o envolvimento da Inglaterra na Guerra da *Crimea*, no período 1854-56, provocou problemas de liquidez no mercado monetário de

Londres, a principal fonte de capital para os empreendimentos ferroviários no Brasil, o que atuou como forte restrição na capacidade de expansão do sistema. Posteriormente, no período 1865-70, o Brasil entra em conflito armado contra o Paraguai, prejudicando novamente os empreendimentos do setor.

Segundo Castro & Lamy (1994), estes surtos foram mais fortes a partir de 1891, quando o Estado decidiu afastar-se totalmente da atividade ferroviária. Isso representou uma expressiva alavancagem na extensão da malha ferroviária, porém, sem critérios de alcance macroeconômico. Ao mesmo tempo, moldou-se a malha com marcantes heterogeneidades técnicas e de eficiência.

Nos primórdios do século XX, no entanto, o Estado objetiva resolver os problemas causados pela disseminação de linhas de pequenas extensões e com grandes diversidades técnicas através de um intenso processo de nacionalização de ferrovias. A partir daí, as ferrovias consolidaram-se como o modal de transporte mais utilizado no país até os anos de 1930, tendo por objetivo principal proporcionar a inserção internacional do país, via viabilização da expansão do café para áreas mais distantes (Costa, 1966).

Dessa maneira, percebe-se que em maior ou menor grau, as ferrovias disseminaram-se como a melhor alternativa de transporte, por mais de cem anos, para muitos países.

2.2.2 A perda de competitividade das ferrovias no século XX: a opção rodoviária

O contínuo desenvolvimento científico e tecnológico, que outrora havia elevado as ferrovias à categoria de principal modal de transporte no século XIX, atuou favoravelmente com relação às rodovias no século XX. Com maior ou menor intensidade, mais cedo ou mais tarde, houve um

movimento das nações no sentido de favorecer um rápido crescimento das rodovias, concomitantemente à indústria automobilística.

Uma série de fatores econômicos forçaram a ocorrência desse evento. Talvez o que tenha agido com mais vigor foi a real perda de competitividade das ferrovias para o transporte rodoviário. Em geral, as ferrovias tinham grande extensão, sofriam forte regulação estatal e o sistema de tarifas baseava-se no valor das mercadorias transportadas. Estes aspectos, comparados com o transporte de baixa escala, com pouca intervenção governamental e com fretes baseados nos custos, centralizado pelo transporte rodoviário, foram decisivos para a perda de importância das ferrovias num ambiente de competição entre os modais.

O caso da Inglaterra é bem característico. Segundo Savage (1959), uma parte das perdas de receita do sistema ferroviário inglês é atribuída às mudanças estruturais da economia e aos efeitos depressivos de guerras. Porém, a causa fundamental é o fato do transporte rodoviário ser mais eficiente e de menor custo. Atrelado à forte legislação, as ferrovias eram obrigadas a estabelecer tarifas baseadas no valor do produto, enquanto os serviços de transporte rodoviários tinham liberdade para fixar tarifas, e o faziam com base no custo de prestação do serviço. O resultado do conflito entre esses dois princípios diferentes no estabelecimento do preço da prestação do serviço foi uma divisão entre as cargas transportáveis, nitidamente adversa às empresas ferroviárias. Os fretes ferroviários eram maiores, e os rodoviários menores, para as mercadorias de maior valor, e vice-versa. O impacto foi sensível para as ferrovias em termos de volume de tráfego. Soma-se a isso o fato dos serviços rodoviários terem sido um concorrente mais arrojado nas rotas mais lucrativas, isto é, entre os principais pólos econômicos.

As autoridades inglesas tentaram reverter este quadro. Procurou-se abrandar a força da legislação em 1933, através do *Road and Rail Traffic Act*, que reconhecia a concorrência entre os modais rodoviário e

ferroviário, atribuindo a este último uma maior flexibilidade no estabelecimento de tarifas. Também possibilitou acordos de exclusividade no transporte de cargas com redução de tarifas, assinados entre empresas e ferrovias. Porém, as alternativas não surtiram o efeito esperado.

Um outro fator que concorreu para a perda de competitividade das ferrovias, de ocorrência generalizada, é o conjunto de critérios utilizados para tomada de decisão política. Conforme demonstrou Ângelo (1991), implantar uma ferrovia é significativamente mais caro que uma rodovia, nas várias alternativas imagináveis. Além de ter mais alto custo de implantação, as ferrovias, comparadas às rodovias, levam mais tempo de construção.

Conforme Ângelo (1987), no caso brasileiro, este aspecto reforçou o abandono da opção ferroviária. Uma vez que o sistema ferroviário implantado anteriormente foi direcionado para atender às necessidades da economia exportadora, com linhas dirigidas do interior para os portos regionais, ele revelava-se inapropriado para servir à nova ordem econômica voltada para o mercado interno. Sendo assim, as rodovias com custos de implantação e prazos de maturação inferiores revelaram-se mais adequadas para suportar um intenso processo de industrialização.

Em parte, a perda de competitividade das ferrovias pode ser também atribuída às modificações nas técnicas de produção. Segundo Ratton Neto (1993), as modernas técnicas de produção buscam minimizar, em todos os níveis, o tempo de deslocamento dispendido entro o produtor e o consumidor final, evitando, dessa maneira, formação de estoques, tanto de matéria-prima como de produto acabado. Assim sendo, o transporte rodoviário mostra-se mais adequado que o ferroviário por necessitar de menor escala e processar-se de porta à porta, diminuindo a necessidade de transbordo. Nesta perspectiva, os dutos têm se apresentado como uma opção competitiva, particularmente, para o caso de granéis líquidos.

2.2.3 A abordagem da intermodalidade

Conforme as funções econômicas da infra-estrutura de transporte e a importância desta para o desenvolvimento, as nações têm se voltado para rediscutir seus sistemas internos, com vistas fundamentalmente à sua colocação no processo de globalização, definindo um conjunto de objetivos nacionais que tornem o país competitivo nos mercados mundiais. Dessa maneira, ganhou evidência a questão da distribuição de cargas entre os diversos modais de transporte e da intermodalidade[5].

Conforme Lieb (1978), por causa de características diferentes entre os modais alternativos, como custos e outros aspectos qualitativos, pode ser economicamente desejável que entre a origem e o destino de uma determinada mercadoria sejam utilizados mais que uma modalidade de transporte, utilizando as vantagens inerentes a cada uma delas, o que resulta num serviço de menor custo e/ou de melhor qualidade.

Esse processo de reflexão foi estimulado fortemente pelas crises do petróleo dos anos 70, que acabaram por deslocar o foco da discussão que envolvia os sistemas de transporte, da competição entre os modais de transporte para a integração entre eles, ou seja, a intermodalidade.

Existem dois argumentos básicos para esse redimensionamento do problema dos transportes. Um, que é geral, que defende a existência de um grande potencial para conservação de energia na substituição do transporte rodoviário por ferrovia ou hidrovia. Outro, aplicável a casos específicos, como o brasileiro, que defende que o modal rodoviário foi

---

[5] Conforme Castro (1995, p. 4), "a legislação brasileira sobre transporte intermodal define as seguintes categorias de serviço: modal, quando a unidade de carga é transportada utilizando apenas um meio de transporte; segmentado, quando se utilizam veículos diferentes e são contratados separadamente os vários serviços e os diferentes transportadores que terão a seu cargo a condução da unidade de carga do ponto de expedição até o destino final; sucessivo, quando a unidade de carga, para alcançar o destino final, necessita ser transbordada para prosseguimento em veículo da mesma modalidade de transporte; intermodal, quando a unidade de carga é transportada utilizando duas ou mais modalidades de transporte". (grifo nosso)

favorecido no passado, já tendo atingido seu potencial de contribuição, sendo portanto não recomendável a concentração de investimentos em apenas um modal.

Castro (1987), porém, enfatiza que se deve esperar modificações no perfil da distribuição intermodal de carga, influenciadas principalmente pelas alterações nas características da demanda pelos serviços. Assim, o transporte de granéis agrícolas ou minério a longa distância deve estimular o transporte ferroviário ou hidroviário, bem como uma elevação na demanda de bens de consumo pode dinamizar o transporte rodoviário ou aéreo, por exemplo.

Esta recente mudança de foco, em verdade, busca avaliar se o sistema de transporte das nações tem operado dentro da racionalidade econômica esperada. Isto é, objetiva-se descobrir e solucionar inadequações nas estruturas de distribuição e investimento dos modais de transporte, com o intuito de uma alocação mais eficiente dos recursos disponíveis.

Segundo Castro (1995), tem havido uma tendência internacional de alteração da indústria de serviços de transporte, buscando ganhos em eficiência nas suas interfaces operacionais. Nesse sentido, a integração de empresas para prestação de serviços intermodais, conjugada com uso intensivo de sistemas modernos de comunicação, tem sido um elemento norteador no objetivo primordial do atendimento dos requisitos do mercado consumidor, fazendo com que a eficiência do sistema logístico se torne uma condição básica de competitividade da economia.

Assim, algumas experiências internacionais situam a preocupação sobre a participação mais intensiva das ferrovias no transporte de cargas. Em março de 1994, a Comissão Européia aprovou um conjunto de orientações que priorizam a abordagem intermodal dos investimentos europeus na infra-estrutura de transporte. Segundo Stasinopoulos (1995), a implementação dessas diretrizes intenciona estabelecer uma rede integrada de transporte que inclua todos os modais, com o objetivo final de otimizar o uso

de todos os modais de transporte, numa maneira sustentável, em 2010. Conforme relatado em Castro & Lamy (1994), já no início dos anos 90 foi manifestada esta preocupação, em ato conjunto da Comissão da União Européia e das ferrovias das nações comunitárias, quando se desenvolveu um projeto de transporte intermodal que vislumbrava a integração dos 30 principais pólos econômicos europeus.

Reconhecendo que o transporte de cargas é tipicamente comercial e concorrencial, Estados Unidos e Inglaterra deflagaram processos de reavaliação de seus sistemas nos anos 70, chamando a atenção de outras nações para a importância da problemática. Essas iniciativas resultaram em ondas de desregulamentação e privatização que perduram até nos anos 90. Por exemplo, nos casos de Japão, Malásia e Argentina, optou-se pela privatização das ferrovias, que tem sido uma saída usual quando se depara com problemas de excesso de pessoal e outros advindos da falta de capacidade de investimento do setor público, como material rodante insuficiente e necessidades de conservação e ampliação que redundam em altos custos operacionais.[6]

Os Estados Unidos privilegiaram a desregulamentação do setor na busca de maior eficiência. Em 1980, o projeto de lei que desregulamentava as atividades ferroviárias permitiu que fossem feitos ajustes rápidos às tarifas e práticas do mercado. O sistema diminuiu suas linhas em um terço (para 315.500 *km*), o número de empregados foi, praticamente, cortado à metade (280 mil), enquanto se dobrou a capacidade dos vagões de carga que transportam *containers*. Isso possibilitou carregar 40% mais mercadorias com 40% menos vagões. As atuais 535 ferrovias são todas lucrativas e transportam

---

[6] Para maiores detalhes, consultar:
SAKITA, M. Restructuring of the Japanese National Railways: review and analysis. **Transportation Quartely**, v 43, n.1, p. 29-45, January/1989.
MELHORAR para privatizar. **Revista Ferroviária,** v.55, n.3, p.31, mar./1994.
FRUTOS da livre iniciativa. **Revista Ferroviária,** v.56, n.8, p. 22, ago./1995.

cerca de 37% da produção norte-americana (Trens movimentam a América, 1993).

Castro & Lamy (1994) registram experiências na mesma direção para Inglaterra , Espanha, Itália, França e Alemanha. Na Inglaterra, o sistema ferroviário estatal foi inserido num contexto liberal, que visava torná-lo economicamente viável sem reforço público. Assim, além de objetivar uma readequação financeira do sistema, a Inglaterra procedeu reforma institucional baseada na divisão da *holding British Rail* em cinco setores comerciais: linhas interurbanas, linha suburbana de Londres, linhas rurais e regiões metropolitanas, cargas e encomendas expressas. Já nos anos 90, essas medidas foram reforçadas pela exploração privada das linhas e da infra-estrutura.

Já na Alemanha, além de solucionar os problemas ferroviários que têm sido comuns a outros países, houve a necessidade de incorporar a malha da ex-Alemanha Oriental. A solução encontrada, visando unificar as malhas Oeste e Leste, foi a criação de uma nova organização de administração privada com capital público, a *Deutsche Eisenbahn,* transitória até 1997, quando essa se transformaria numa *holding* de três empresas com orientações exclusivas: uma para a infra-estrutura, outra para transporte de passageiros e a terceira se ocuparia do transporte de cargas (Castro & Lamy, 1994).

Na Suécia, segundo Hansson & Nilsson (1991), a desregulamentação assumiu outros contornos. O Parlamento sueco aprovou, em 1988, o *Transport Policy Act* (TPA), visando reverter o déficit crônico da estatal ferroviária *Statens Järnvägar.* Uma parte da nova política foi dividir a empresa estatal ferroviária em duas: uma parte, a *Banverket,* responsabiliza-se pelos investimentos e manutenção do sistema ferroviário nacional, enquanto a *Statens Järnvägar* apenas opera o sistema. Essa nova estrutura organizacional aumentou o escopo para o emprego de mecanismos de mercado, esperando-se o revigoramento da atividade.

No caso do Japão, o problema relativamente de maior relevo que contribuiu para a perda de competitividade das ferrovias foi a propriedade pública da *The Japanese National Railways* (JNR), vinculada ao Ministério dos Transportes. Na tentativa de se recuperar a operação da empresa, foi instituída a Comissão *Ad Hoc* para Reformas Administrativas, pelo Primeiro Ministro Japonês, para levantar os problemas da estatal ferroviária. Segundo Sakita (1989), o relatório da referida comissão aponta para fatores internos e externos à atividade como causadores do enorme débito acumulado pela empresa (cerca de US$285 bilhões, em 1987), a saber: excessivo envolvimento governamental, falta de responsabilidade gerencial, limitações para adaptar-se às oscilações econômicas, sindicato de trabalhadores inflexível, melhorias nos modais hidroviário e aeroviário, decréscimo da população rural e necessidades, por parte da demanda, de serviços de qualidade superior.

Porém, conforme Castro & Lamy (1996), exemplos de integração intermodal eficientes e de larga escala que envolvem ferrovias ainda são escassos. As ferrovias estão sendo colocadas em posição estratégica para atuarem nos segmentos intermodais de forma mais intensiva, sendo alvo de novos arranjos institucionais, comerciais, organizacionais e operacionais para efetivamente contribuírem para a expansão da integração dos transportes e fazer crescer seu próprio mercado "tradicional".

No caso do Brasil, o Plano Plurianual 1996-99 do Governo Federal manifesta a preocupação de ativação de sistemas intermodais, por intermédio do funcionamento eficiente dos diferentes modais. Conforme Lício (1995), o Plano prioriza os corredores de transporte multimodais integrados para fins de integração nacional e competitiva entre as áreas de produção e os centros de consumo do país ou pontos de importação/exportação.

A busca da eficiência do transporte ferroviário está associada ao processo de concessões à iniciativa privada e necessita lidar com problemas de diferentes naturezas relativos às ferrovias brasileiras.

No limiar dos anos 90, a malha ferroviária brasileira compreendia cerca de 29 mil *km* de extensão e podia ser resumida a 4 empresas, marcadas por grandes diferenças de produtividade entre si: Rede Ferroviária Federal S. A. (RFFSA), estatal do Governo Federal; Ferrovia Paulista S. A. (FEPASA), empresa do Estado de São Paulo; a Estrada de Ferro Vitória a Minas (E.F.V.M.) e Estrada de Ferro Carajás (E.F.C.), ambas pertencentes à Companhia Vale do Rio Doce, onde predominavam o transporte de minérios metálicos, principalmente ferro, e insumos e produtos da indústria siderúrgica.

No entanto, alguns novos projetos vêm sendo desenvolvidos para casos de cargas cativas e de interesses regionais e privados. Além da experiência da FERROESTE, que será destacada mais a diante neste estudo, encontram-se ainda em projeto ou em construção no Brasil, a FERRONORTE, com extensão de 1.738 *km*, integrando os estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Rondônia e Pará, para exportação de grãos; a NORTE-SUL, que interliga Brasília a Açailândia (MA), em 1.570 *km* de linhas férreas; e, a TRANSNORDESTINA, que interliga os estados do Maranhão e Ceará ao Centro-Sul do país, com 521 *km* de extensão.

A forma como se consolidou a infra-estrutura ferroviária no Brasil inibiu a competição com a modalidade rodoviária, ao mesmo tempo em que as ferrovias não se credenciaram como um elo de ligação entre os mercados regionais. Além do mais, o processo de nacionalização do início do século significou a estatização de companhias, via de regra, deficitárias.

O déficit persistente nas operações ferroviárias chegou a ter importante representação no déficit público brasileiro, o que foi motivado pela concorrência rodoviária, pelas más condições das linhas, pelo sistema tarifário, pelos altos salários e pela baixa qualidade administrativa. Diante deste quadro, concebeu-se, em 1957, a RFFSA, pela Lei 3.115/57, com o objetivo de atuar em âmbito nacional e incorporar e sanear as contas das 18

empresas ferroviárias que passaram a constituí-la[7], tendo atingido cerca de 22 mil *km* de extensão de suas linhas em 1992 (Castro & Lamy, 1994).

De acordo com os mercados servidos e os tipos de cargas transportadas, podia-se subdividir o sistema ferroviário, até 1994, em Sistemas Regionais Nordeste, Centro, São Paulo e Sul, como demonstrado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Sistemas e malhas da Rede Ferroviária Federal S. A.

Sistemas	Superintendências	
Nordeste	SR-1	Recife (PE)
	SR-7	Salvador (BA)
	SR-11	Fortaleza (CE)
	SR-12	São Luís (MA)
Centro	SR-2	Belo Horizonte (MG)
	SR-3	Juiz de Fora (MG)
	SR-8	Campos (RJ)
São Paulo	SR-4	São Paulo-Santos (SP)
	SR-10	Bauru (SP)
Sul	SR-5	Curitiba (PR)
	SR-6	Porto Alegre (RS)
	SR-9	Tubarão (SC)

Fonte: Castro & Lamy (1994)
Nota: SR significa Superintendência Regional, estrutura administrativa estabelecida com base no conceito de unidade regional dos serviços.

Embora ocorresse esta divisão administrativa, pode-se dizer que todo o complexo ferroviário brasileiro ressentia-se de problemas comuns, alguns remanescentes da forma de implantação das ferrovias no Brasil e outros oriundos do gerenciamento estatal, como relatado por Castro & Lamy (1994). Primeiramente, há que se destacar o fator operacional limitante referente à diversidade de bitolas. Enquanto nos Sistemas Nordeste e Sul

[7] Dentre essas empresas, 12 eram da administração direta da União, 3 eram autarquias e 3 encontravam-se em regime especial de administração.

predomina a bitola métrica, nos demais, São Paulo e Centro, são encontradas bitolas métrica e larga (1,60 *m*). Isso decorre do ritmo da constituição descoordenada ocorrida no final do século XIX, quando se possibilitava a particulares construir ferrovias sem prévio enquadramento em objetivos nacionais, o que gerou um contexto de heterogeneidade de tecnologias e bitolas (mais de 10 medidas diferentes), sendo guiadas pelas necessidades geradas pela carga a ser transportada e pelo relevo a ser vencido.

Sendo assim, no Norte, a ferrovia serviria para colonizar a região, enquanto no Nordeste deveria possibilitar o escoamento da produção de açúcar e fumo. Já as linhas do Sudeste e do Sul foram implementadas, inicialmente, seguindo a expansão geográfica cafeeira e, posteriormente, como vias de escoamento do minério para exportação. Por sua vez, no Centro-Oeste o objetivo era estratégico. Essa diversidade de bitolas dificulta sobremaneira o transporte ferroviário a longas distâncias, pois, impõe a necessidade de custos adicionais de transbordo.

Ainda, no decorrer do século XX, avolumaram-se problemas técnicos, gerenciais e institucionais comuns nas Superintendências Regionais. Havia incompatibilidade de recursos financeiros diante das necessidades da RFFSA de readequar traçados, conservar vias e modernizar tecnologicamente seu material rodante e operacional de embarque e desembarque de mercadorias. No aspecto gerencial, a empresa ressentia-se de atuação eminentemente comercial e competitiva, faltando-lhe, entre outros requisitos para tal, política de *marketing,* informatização e pessoal qualificado. Além dessas restrições, as interferências do Governo Federal nos seus quadros administrativos e na política comercial da empresa interferiram na obtenção de êxito em proporcionar integrações com outras empresas ferroviárias e com outras modalidades de transporte.

Em 1984, através do Decreto Lei Nº 2.178/84, o Governo Federal tem a primeira inciativa no sentido de corrigir alguns desses problemas. Foi criada a Companhia Brasileira de Trens Urbanos, que assumiu

os serviços de passageiros de massa prestados pela RFFSA. Ao mesmo tempo, o Decreto previa uma maior autonomia econômico-financeira da estatal para sua atuação competitiva no mercado, como a liberdade tarifária e a avaliação dos projetos ferroviários sob o ponto de vista financeiro da empresa (Marques, 1996).

Como estas iniciativas não surtiram o efeito esperado, qualificar a empresa competitivamente, a RFFSA é incluída no Programa Nacional de Desestatização (Lei Nº 8.031/90). Conforme Marques (1996), o Decreto Nº 473/92 define a privatização da empresa, processo sob a gestão do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Para este fim, segundo Piccinini (1996), houve uma redivisão da empresa em seis malhas regionais, a saber: Malha Sul, SR-5 (Curitiba) e SR-6 (Porto Alegre); Malha Oeste, SR-10 (Bauru); Malha Tereza Cristina (SR-9, Tubarão); Malha Sudeste, SR-3 (Juiz de Fora) e SR-4 (São Paulo); Malha Centro-Leste, SR-2 (Belo Horizonte), SR-7 (Salvador), e SR-8 (Campos); Malha Nordeste, SR-1 (Recife), SR-11 (Fortaleza) e SR-12 (São Luís).

Segundo BNDES (1995), a divisão do patrimônio em malhas pode ser explicada a partir de um objetivo geral e de alguns critérios. Considerando-se a extensão da malha, esta divisão objetivou atrair investidores e estimular a concorrência nos leilões. O critério básico da divisão das malhas esteve apoiado na identificação do perfil dos principais fluxos nos 10 anos anteriores ao processo, de caráter intra-regional, com distância média de 500 *km,* nos problemas de compatibilidade de bitolas, como ressaltado anteriormente, e na não implicação de deseconomias de escala.

Sendo assim, o modelo adotado para a concessão das ferrovias brasileiras previu a divisão entre cargas e passageiros e a unicidade das funções das concessionárias (manutenção, melhorias da via e operação dos trens). Conforme Sousa & Prates (1997), os equipamentos e material rodante foram arrendados por um período de 30 anos e exigiu-se metas de desempenho de produção de cargas e de redução de acidentes nos cinco

primeiros anos, variáveis por malha, que objetivam assegurar a realização dos investimentos necessários.

Este processo iniciou-se em março de 1996, pela privatização da Malha Oeste e terminou em julho de 1997, com a Malha Nordeste. A Tabela 2.2 traz mais detalhes sobre o desenvolvimento deste processo.

2.3 Considerações finais

A infra-estrutura econômica disponível determina as condições gerais de eficiência da economia, o que reflete diretamente no grau de desenvolvimento alcançado pelos países. Ou seja, a existência de uma infra-estrutura adequada potencializa ganhos de eficiência ao nível do sistema produtivo, e não só de empresas individualmente. Isto porque a disponibilidade compatível destes sistemas eleva o produto final, incrementando a produtividade, enquanto reduz o custo por unidade de insumo. A maior produtividade, por sua vez, traduz-se em elevação da remuneração dos fatores, o que estimula o investimento e o emprego. Além do mais, pode provocar um *crowding in* de investimentos na medida em que dá condições para o setor privado se instalar.

A orientação dos processos produtivos, buscando atender aos requisitos dos mercados consumidores quanto à qualidade dos insumos e produtos, prazos de entrega, assistência técnica e inovações, tem feito com que a eficiência do sistema logístico se torne uma condição básica para a competitividade de todos os setores da economia.

Assim, se os sistemas de infra-estrutura não funcionam adequadamente, isto reverte-se nas atividades econômicas como aumento dos custos. O resultado é perda de competitividade dos produtos de exportação, no mercado internacional, e preços mais altos no mercado doméstico.

Tabela 2.2 - Caracterização geral das malhas regionais no processo de privatização da RFFSA.

Malhas	Extensão (*km*)	Bitola (*m*)	Percurso Médio (*km*)	Principais cargas	Líderes dos consórcios	Concessionária
Nordeste	4.629	1,00	500	Petróleo, gás e pallets, cimento e prod. siderúrgicos	CVRD[1], CSN[2], Banco Bradesco e Grupo Vicunha	Manor
Centro Leste	7.138	1,00	390	Derivados de petróleo e álcool, calcário, cimento e prod. siderúrgicos	CVRD[1], CSN[2] e Rail Tex	Ferrovia Centro-Atlântico
Sudeste	1.623	1,60	420	Minério, cimento e prod. siderúrgicos	MBR[3], CSN[2] e Usiminas	MRS Logística
Sul	6.830	1,00	-	Derivados de petróleo e álcool, grãos e pallets, soja e farelo de soja	Banco Garantia e Rail Tex	Ferrovia Sul-Atlântico
Tereza Cristina	169	1,00	70	Carvão energético	MPE[4] e Interférrea	Ferrovia Tereza Cristina
Oeste	1.621	1,00	-	Derivados de petróleo	Noel Group	Ferrovia Novoeste

Fonte: Informações reunidas neste estudo

Notas:

1 - CVRD (Companhia Vale do Rio Doce)
2 - CSN (Companhia Siderúrgica Nacional)
3 - MBR (Minerações Brasileiras Reunidas)
4 - MPE (Montagens e Projetos Especiais)

A preocupação mais recente com a competitividade dos países nos mercados externos reforçou a discussão provocada pelas crises do petróleo dos anos 70, o que fez com que os países reavaliassem a estrutura de divisão modal de cargas e passageiros. Com essa nova realidade, intenciona-se que todas as potenciais modalidades de transporte funcionem eficientemente, garantindo menores custos de deslocamentos de mercadorias entre origens e destinos. Isso pode ocorrer pela utilização contígua de mais de uma modalidade.

Nesse sentido, em vez da histórica concorrência entre as modalidades de transporte, atualmente objetiva-se uma complementaridade entre elas, que é a intermodalidade. Essa associação entre diferentes modalidades de transporte entre a origem e o destino das mercadorias pode redundar em identificação de cargas cativas, por modal, realocação de investimentos, o que deve resultar em menores custos de transporte no futuro.

Para o caso da agricultura, essa discussão ganha especial importância tendo em vista as novas disposições liberalizantes da Rodada Uruguai para o comércio mundial de produtos agrícolas.[8]

No entanto, esquemas intermodais exigem perfeita sintonia nas operações de transbordo para serem competitivos. Conforme Konings (1996), a disseminação do uso de sistemas intermodais é menor que seu potencial em virtude de custos normalmente elevados de transbordo das mercadorias e do tempo gasto em tal operação. Estes aspectos acabam por afastar uma parcela bastante significativa da demanda em potencial.

---

[8] Para maiores detalhes, ver, por exemplo, BREEN, J. M. **The GATT Uruguay:** a negotiating history (1986-92). Boston: Kluwer Laward Taxation Publishers, 1993. (Agriculture)

3 CONDICIONANTES HISTÓRICOS DA INFRA-ESTRUTURA FERROVIÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ

Assim como pôde-se constatar no exame da experiência de alguns países, as ferrovias também cumpriram importante papel na ocupação econômica do Estado do Paraná. Grande parte dessa infra-estrutura ferroviária pode ser reconhecida como sincronizada à história ferroviária brasileira, uma vez que coincide com o ritmo e sistemática de implantação das demais ferrovias brasileiras, e mais tarde passou a integrar a Superintendência Regional (SR)-5, um subsistema da Rede Ferroviária Federal S. A. (RFFSA). Por outro lado, o Estado conta com uma experiência nova com a constituição da Estrada de Ferro Paraná Oeste S. A. (FERROESTE), motivada por fatores mais recentes, como o distanciamento geográfico entre a produção agrícola e o consumo dessa matéria-prima pelas agroindústrias e os problemas advindos da concentração no transporte rodoviário.[1]

3.1 Rede Ferroviária Federal S. A.

O ritmo de implantação de ferrovias no Estado do Paraná manteve-se em harmonia com o que acontecia a nível de Brasil. Os primeiros trechos ferroviários paranaenses entram em operação no período considerado como a "era ferroviária brasileira" (1840-89). A partir daí, a malha foi

[1] A Figura 3.1 à frente ilustra as fases de implantação das atuais ferrovias no Estado.

estendendo-se por forças de interesses privados e do Estado, em cinco fases, até ser aglutinada numa única empresa: a Rede Ferroviária Federal S. A. (RFFSA), e, mais recentemente, concedidas à administração do consórcio privado Ferrovia Sul Atlântico.

A primeira concessão para implantação de ferrovia no Estado do Paraná foi feita através do Decreto Imperial Nº 4.674, de 10 de janeiro de 1871. Os concessionários Antônio Pereira Rebouças Filho, Francisco Antônio Tourinho e Maurício Schwartz obtiveram a autorização para a implantação da ferrovia ligando o Porto de Antonina a Curitiba (Werner, 1985). Segundo Carneiro (1985), na verdade, estes engenheiros concessionários eram financiados pelo Barão de Mauá, renomado empresário do período imperial brasileiro.

Esta concessão motivou intensa disputa no meio político. Representantes de Paranaguá reclamavam do privilégio dado a Antonina, o que representaria um desestímulo ao Porto D. Pedro II, localizado em Paranaguá. Os protestos surtiram efeitos, redundando na Lei Provincial Nº 304, de 26 de março de 1872, que fazia a concessão da construção da ferrovia do Porto D. Pedro II a Morretes aos engenheiros Pedro Aloys Scherer, José Gonçalves Pêcego Júnior e José Maria da Silva Lemos Júnior (Werner, 1985). Chama-se a atenção para o fato de que, conforme Carneiro (1985), não havia garantias dadas pelo Estado sobre retorno ao capital investido, prática comum nos investimentos ferroviários da época, no Brasil e no mundo (como resslatado no capítulo 2).

No mês de fevereiro do ano seguinte, iniciaram-se as obras dos 40 *km* referentes a última concessão, o que redundou na efetiva ligação Paranaguá-Curitiba. Segundo Furtado (1991), o Decreto Nº 5.605 de 25 de abril de 1874 instituiu a Companhia Estrada de Ferro do Paraná e um ano depois estendeu a concessão até Curitiba. Porém, conforme Carneiro (1985), dificuldades financeiras paralisaram a obra até 1880.

No entanto, o Governo da Província do Paraná buscou atrair os interesses de empresas estrangeiras para a continuidade da obra, dada a importância vislumbrada para a evolução econômica da Província. Neste contexto, a empresa belga *Compagnie Societé Anonyme de Travaux Dyle et Bacalau*, através de sua filial brasileira *Compagnie Générale de Chémins de Fer Brésiliens* obteve a transferência dos direitos atribuídos pela Lei Provincial Nº 304 para a construção da Estrada de Ferro Dona Isabel, através do Decreto Imperial Nº 7.420, de 12 de agosto de 1879 (Werner, 1985). Segundo Ribeiro (1985), previa-se, neste Decreto, o prazo de 3 anos para a entrega da ligação Paranaguá-Curitiba, depois postergada para 30 de junho de 1884. Estava-se iniciando, de fato, a construção da primeira ferrovia paranaense.

Em 1880, inauguram-se os trabalhos de construção da ferrovia Paranaguá-Curitiba, a Estrada de Ferro do Paraná, outrora Estrada de Ferro Dona Isabel. Segundo Werner (1985), entre os meses de janeiro e fevereiro atracam no país navios trazendo materiais de construção diversos utilizados na ferrovia, bem como um conjunto de engenheiros, técnicos e trabalhadores especializados. Conforme Carneiro (1985), a expectativa era de transportar anualmente pela ferrovia 29,4 milhões de toneladas de mercadorias, principalmente pinho para exportação e 20 mil passageiros.

Em 1882, a empresa *Compagnie Générale de Chémins de Fer Brésiliens* obteve a concessão para a construção de ramais e prolongamentos à Estrada de Ferro Paranaguá-Curitiba. Isto ocorreu através do Decreto Nº 8.505, de 29 de abril de 1882, contextualizado no 2º Plano Nacional de Viação, que sinalizava para a prioridade ferroviária na matriz de transporte brasileira, tendo sido feitas concessões para a construção do ramal ligando Morretes a Antonina, do prolongamento de Curitiba a Ponta Grossa, dos ramais de Rio Negro e de Porto Amazonas.

Em 1883, entra em operação o trecho Paranaguá-Morretes. Porém, em 2 de fevereiro de 1885 é que se registra a inauguração da Estrada de Ferro Paranaguá-Curitiba, com 110,915 *km* de extensão. Dada a

importância do evento, a inauguração foi marcada pela formação de duas comitivas, uma partindo de Curitiba, composta por políticos da Província do Paraná e engenheiros e diretores da Companhia Estrada de Ferro do Paraná e outra, de Paranaguá, integrada pelo Ministro da Agricultura, do Visconde de Paranaguá, ministros da Bélgica, França e Rússia e outras personalidades e jornalistas oriundos do Rio de Janeiro. As comitivas encontraram-se na estação de Cadeado, no meio da Serra do Mar, para um almoço comemorativo (Werner, 1985).

Posteriormente, concretizam-se seus ramais e prolongamentos. Assim, expande-se a malha ferroviária na Província: em 1887 entra em operação o ramal de 16 *km* de extensão ligando Morretes a Antonina; em 1892, o prolongamento de Curitiba a Ponta Grossa, de 185 *km* de linha; e em 1895, os ramais de Rio Negro e de Porto Amazonas, com 40 *km* de extensão, objetivando captar os fluxos de cargas dos portos fluviais dos Rios Negro e Iguaçu, respectivamente (Furtado, 1991). Conforme Ribeiro (1985), a construção destes trechos encerra o que se convencionou chamar de a Primeira Fase do desenvolvimento das ferrovias paranaenses (1883-93), período este em que se visualizava nas ferrovias o meio de integração entre os mercados regionais, ao mesmo tempo em que se criava facilidades para alavancagem de produtos de exportação e o desenvolvimento de novas especializações.

O período de 1893-1910 é referenciado como a Segunda Fase. Nesses anos, segundo Ribeiro (1985), a construção de trechos ferroviários no Paraná objetivou integrar a região à Estrada de Ferro São Paulo-Rio Grande, que faria a conexão entre as estradas de ferro Sorocabana e Porto Alegre-Uruguaiana. Para o Paraná, isso significava, principalmente, estar conectado a São Paulo, que experimentava o maior ritmo de progresso do país.

Segundo Furtado (1991), a construção da Estrada de Ferro São Paulo-Rio Grande foi concedida ao engenheiro João Teixeira Soares, que havia destacado-se na construção da via férrea Paranaguá-Curitiba. A concessão

ocorreu pelo Decreto Nº 10.432, de 9 de novembro de 1889, e interligava o Rio Itararé, em São Paulo, a Santa Maria da Boca do Monte, no Rio Grande do Sul, procurando integrar as províncias de Mato Grosso, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul às fronteiras com Argentina e Uruguai.

Conforme Ribeiro (1985), esta concessão foi posteriormente transferida à Companhia *Chemins de Fer Sud Ouest Brésiliens.* Isso decorreu da discordância dos republicanos com os privilégios e garantia de juros do Decreto, sendo em 1891, novamente repassada à Companhia Industrial dos Estados Unidos do Brasil. A partir de 1893, a concessão mudou outra vez de mãos e ficou com a Companhia Estrada de Ferro São Paulo-Rio Grande. Em 1901, pelo Decreto Nº 3.947, foram alteradas as cláusulas referentes ao plano viário da ferrovia, fixando-lhe o trajeto do ramal de Imbituva (SC) a Prudentópolis (PR), com dois sub-ramais, para Guaíra e para Foz do Iguaçu.[2]

De acordo com Ribeiro (1985), nesse período, a Estrada de Ferro São Paulo-Rio Grande consolida-se no território paranaense em duas fases. Primeiramente, a partir do trecho Ponta Grossa-União da Vitória (1905) e depois, em função do trecho Ponta Grossa-Itararé (1908). A integração das vias férreas paranaenses já havia se iniciado em 1894, com o final das obras do trecho Porto Amazonas-Ponta Grossa. Mais trechos entram em operação e complementam essa conexão: Curitiba-Rio Branco (1909), uma alternativa para o escoamento das riquezas minerais regionais para exportação, São Francisco do Sul-Corupá (1910) e Porto União da Vitória-Rio Uruguai (1910). Segundo Furtado (1991), a finalização do conjunto desses trechos representou um adicional de 883 *km* à malha ferroviária brasileira.

A Terceira Fase abrange o período 1910-30 e enquadrou-se na filosofia de integração nacional. Diante disso, foi criada a Rede de Viação Paraná-Santa Catarina, através do Decreto Nº 7.928 de 3 de março de 1910, fundindo as concessões das empresas Cia. Estrada de Ferro São Paulo-Rio

---

[2] Uma primeira aproximação ao traçado atual da ferrovia Paraná Oeste, discutido mais adiante.

Grande, Estrada de Ferro do Paraná e Estrada de Ferro Tereza Cristina, esta em território catarinense (Furtado, 1991).

A malha ferroviária no Estado do Paraná incorporou, nesse período, um espaço a noroeste de seu território, na busca de alcançar a Estrada de Ferro Sorocabana em Ourinhos (SP). Assim, concebeu-se o Ramal do Paranapanema, que se iniciava em Jaguariaíva. Segundo Ribeiro (1985), as obras tiveram início no ano de 1912 e em 1930 chegaram a Jacarezinho.

A história da Quarta Fase (1930-45) confunde-se com a história da Companhia Ferroviária São Paulo-Paraná. Esta empresa detinha a Estrada de Ferro São Paulo-Paraná, que objetivava interligar Ourinhos (SP) à fronteira do Paraná com o Paraguai, ao norte em Guaíra, onde encontraria a Estrada de Ferro Mate Laranjeira, por onde atingiria território paraguaio. Para completar o traçado, a ligação férrea cortava o norte do Estado do Paraná através, primeiro, da ligação Jacarezinho-Marques Reis (1937) e, depois, da linha Cornélio Procópio-Apucarana (1942), criando possibilidades de viabilização econômica de novas terras (Norte Novo) e alternativas de escoamento de produtos de exportação, via Santos ou via Paranaguá, da região chamada Norte Pioneiro paranaense. Para complementar esta Quarta Fase, as ligações férreas são estendidas de Irati até Guarapuava, em 1954 (Ribeiro, 1985).

A constituição da Quinta Fase (1945-85) centra-se na própria história da Estrada de Ferro Central do Paraná, única obra ferroviária importante nas décadas de 1950/60/70 nos Estados da Região Sul e São Paulo, segundo IPARDES (1979). Esta ferrovia teve sua construção iniciada em 1949 e, após diversas interrupções, entrou em operação em 23 de outubro de 1975, constituindo-se numa verdadeira malha ferroviária, com recursos e opções de tráfego nos dois sentidos (Ribeiro, 1985).

Conforme ressalta Padis (1981), a concepção desta estrada de ferro teve duas motivações básicas. Por um lado, foi motivada politicamente para atender aos anseios da população do norte do Estado do Paraná, que

havia crescido rápida e desordenadamente, e via-se sem meios de comunicação com o restante do Estado, e por isso, pleiteava ser anexada ao Estado de São Paulo. É importante destacar que este crescimento foi viabilizado pelas ligações ferroviárias com o Estado de São Paulo construídas pela Companhia Ferroviária São Paulo-Paraná e adquiridas pela colonizadora inglesa Companhia de Terras do Norte do Paraná, que atuou na região, tal processo ocorria simultaneamente com a expansão do café, conforme Padis (1981). De acordo com IPARDES (1979), os municípios surgiram à frente das ferrovias e serviam de apoio à atividade cafeeira, representando novos pólos econômicos a serem alcançados pelas ferrovias.

Outra motivação para a construção da Estrada de Ferro Central do Paraná está relacionada à diminuição das perdas de grande parte das safras cafeeiras decorrentes do fato do produto ter que percorrer grandes distâncias em precários meios de transporte. Era também uma tentativa de desviar do Porto de Santos para o Porto de Paranaguá parte das exportações do norte paranaense, aumentando, assim, as receitas estaduais.[3] Portanto, a partir desta ligação ferroviária pretendia-se encurtar a distância dos fluxos de produção-consumo-exportação da região norte paranaense.

Conforme Furtado (1991), antes da Estrada de Ferro Central do Paraná, as exportações da região dividiam-se em duas partes iguais entre os portos de Santos e Paranaguá. Segundo Fayet (1975), uma vez que a ferrovia entrou em operação, a distância percorrida pelos produtos para exportação no trecho Apucarana-Ponta Grossa seria reduzida de 624 para 330 *km,* facilitando o acesso ao porto paranaense. No início dos anos 70, eram transportadas 460 mil *t* no sentido exportação e 60 mil *t* de produtos importados.

Acima de tudo, oferecer ao Norte do Paraná esta alternativa de transporte significava potencializar forças competitivas da região e, por conseguinte, do Estado. Conforme Padis (1981), a ferrovia atingiria uma área

---

[3] Soma-se a esta iniciativa a ligação rodoviária BR-376, a chamada "Rodovia do Café", inaugurada em 1961, unindo o norte do Estado a Ponta Grossa.

de influência equivalente a 36% do território paranaense e que responsabilizava-se, no início dos anos 70, por 70% do valor da produção agrícola do Estado. Além do café, produto praticamente exclusivo dessa região do Estado nas décadas de 60 e 70, que representava 42% do valor dessa produção e responsabilizava-se por 31% do total da produção agrícola, outros produtos regionais e respectivas participações no total estadual podem ser destacadas, a saber: algodão (98%), milho (51%), feijão (62%), arroz (71%), cana-de-açúcar (86%), rami (95%), amendoim (85%), hortelã (85%), mamona (99,5%) e soja (50%).

No período 1979-89, com a crise da cafeicultura, pode-se dizer que a ferrovia especializou-se na exportação de soja e farelos e na movimentação de produtos derivados de petróleo, oriundos da refinaria localizada em Araucária, e de trigo, em direção aos moinhos paranaenses e paulistas, principalmente, e em menor escala, para Paranaguá (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Evolução do transporte de cargas na Estrada de Ferro Central do Paraná (em 10^3 toneladas úteis-*tu*), 1979-89.

Produtos	1979	1989
Farelos	592	1.777
Soja	101	605
Derivados de Petróleo	719	994
Trigo	83	1.323
Álcool Automotivo	0	404
Cimento	83	253
Adubos e Fertilizantes	65	14
Milho/Canjica	71	42
Calcário Corretivo	1	31
Outras Mercadorias	187	102
TOTAL	**1.901**	**5.545**

Fonte: RFFSA. Rede Ferroviária Federal S. A./Superintendência Regional de Curitiba. **Plano de transporte.** Curitiba: RFFSA, 1994.

Assim, a Quinta Fase foi marcada pela constituição do trecho principal Apucarana-Ponta Grossa e da linha Apucarana-Cianorte (1972), no Paraná.

A Tabela 3.2 e a Figura 3.1 resumem a estruturação da malha ferroviária paranaense .

Tabela 3.2 - Evolução histórica da infra-estrutura ferroviária sob administração da RFFSA no Estado do Paraná.

Fases	Efeitos	Trechos	Datas
Primeira	* Integração dos mercados regionais e alavancagem da produção para exportação	* Paranaguá-Morretes	1883
		* Paranaguá-Curitiba	1885
		* Morretes-Antonina	1887
		* Curitiba-Ponta Grossa	1892
		* Ramais de Rio Negro e Porto Amazonas	1895
Segunda	* Integração da região a São Paulo	* Ponta Grossa-União da Vitória[a]	1905
		* Ponta Grossa-Itararé(SP)	1908
		* Curitiba-Rio Branco[b]	1909
		* São Francisco do Sul-Corupá (SC)	1910
		* Porto União da Vitória-Rio Uruguai	1910
Terceira	* Integração nacional	*Jaguariaíva-Jacarezinho	1930
Quarta	* Viabilização da ocupação econômica de novas terras no norte do Estado do Paraná (Norte Novo) e alternativa para escoamento da produção para exportação pelo Porto de Paranaguá	* Jacarezinho-Marques Reis	1937
		* Cornélio Procópio-Apucarana	1942
		* Irati-Guarapuava	1954
Quinta	* Redução dos custos de transporte do café exportado do norte do Estado	* Góes Artigas-Guarapuava	1964
		* Mafra-Lages (SC)	1965
		* Pinhalzinho-Uvaranas-Engº Bley	1969
		* Apucarana-Cianorte	1972
		* Ponta Grossa-Apucarana	1975

Notas: a - Atualmente em funcionamento até Engº Gutierrez
b - Atualmente desativado

Figura 3.1 - Malha ferroviária no Estado do Paraná, segundo as fases de sua constituição.

Com a criação da *holding* RFFSA, o conjunto das ferrovias paranaenses passa a integrar o Sistema Regional Sul, inicialmente com sede em Porto Alegre(RS), e a partir de 1975 foi criada a Regional de Curitiba. Em fevereiro de 1976, esta foi denominada Superintendência Regional de Curitiba, que abrange os Estados do Paraná e Santa Catarina, em 3.168 *km* de linha, sendo 2.235 destes em território paranaense. A Tabela 3.3 apresenta uma sinopse das cargas transportadas pelas vias férreas paranaenses e catarinenses em 1995, sendo destaque o transporte de farelo, álcool, derivados de petróleo e grãos, excluindo-se o transporte de 171.083 passageiros.

Tabela 3.3 - Volume de cargas (em 10^3 *tu*), geradas e tracionadas, pela SR-5, por produto, em 1995.

Produto	Geradas[a] (em 10^3 *tu*)	Tracionadas[b] (em 10^3 *tu*)
Álcool	1.035,53	1.035,53
Adubo	58,56	170,06
Arroz	50,61	302,83
Cimento	530,91	530,91
Clinquer	124,53	124,53
Derivados de Petróleo	1.841,39	1.996,70
Farelo	4.763,44	4.824,03
Madeira	201,67	203,84
Milho	104,46	104,46
Óleo Combustível	253,03	253,03
Papel	65,52	65,52
Produtos Siderúrgicos	13,47	14,89
Soja	354,17	394,14
Trigo	171,01	171,78
Outros	397,09	515,72
TOTAL	**9.965,39**	**10.707,96**

Fonte: RFFSA. **Relatório anual -1995/SR-5**. Curitiba: RFFSA, 1996.
Notas: a- Refere-se ao volume de carga originado na área desta Superintendência.
b- Refere-se ao agregado dos volumes de cargas gerados na área de abrangência da SR-5 e dos volumes gerados fora desta área que passaram por seus trilhos.

3.2 Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A.

A interligação ferroviária das áreas produtoras de grãos no Estado com o Porto de Paranaguá tornou-se realidade em 1996. Entrou em operação a Estrada de Ferro Paraná Oeste S. A. (FERROESTE), ferrovia que liga as cidades de Cascavel e Guarapuava, com previsão de ramais para Foz do Iguaçu e Guaíra. Em 28 de fevereiro de 1997, foi assinado o contrato de sub-concessão da FERROESTE, pelo Governo do Estado do Paraná. O consórcio que obteve a concessão, Ferrovia Paraná S. A. (FERROPAR), é formado pelas empresas FAO Empreendimentos e Participações Ltda., Pound S. A. e Germond-Geral de Engenharia e Montagem, que pagou R$ 25,6 milhões por 30 anos de usufruto. Em setembro de 1997, foi anunciada a prioridade ao ramal de Foz do Iguaçu com vistas ao atendimento dos países do MERCOSUL.

No entanto, muito percorreu-se para transformar o projeto desta ferrovia em realidade. Desde as primeiras décadas do século XX, o Governo do Estado do Paraná manifestava preocupações em atender a região oeste com ligações ferroviárias como forma de viabilizar sua ocupação econômica e demográfica. Antes dos anos 50, outras iniciativas sinalizaram para a emergência da ligação férrea. O Decreto Nº 3.947 de 1901, referente à Estrada de Ferro São Paulo-Rio Grande, já previa dois sub-ramais, um para Guaíra e outro para Foz do Iguaçu. Em 1910, o General Plínio Tourinho demonstrava a viabilidade técnica e econômica de uma ligação ferroviária entre o Porto de Paranaguá e a Região Sudoeste do Estado e concebeu a "Ferrovia do Paralelo 26". Em 1926, pela primeira vez, o Governo do Paraná reconhecia a necessidade e viabilidade da ligação ferroviária entre os extremos leste e oeste do Estado no "Plano dos Caminhos Ferroviários do Paraná" (BADEP, 1986).

O primeiro passo efetivo para tal foi a construção da extensão dos trilhos da RFFSA de Irati a Guarapuava, em 1954. Porém, com essas linhas atingia-se apenas o centro do Estado, faltando alcançar as terras mais a oeste.

Somente nos anos 70 é que se voltou a atenção novamente para contemplar as faixas ocidentais do território paranaense com uma ligação ferroviária. Naquele momento, a motivação para o empreendimento estava na expansão da fronteira agrícola nacional e a ligação das novas áreas aos portos de exportação, bem como era vista como instrumento de integração do território nacional. Desta maneira, segundo Ferrovia da produção (1986), o Departamento Nacional de Estradas de Ferro (DNEF) declara 1971 como sendo o "Ano Ferroviário", reconhecendo a necessidade de estimular a modalidade como meio de racionalização do transporte de cargas no Brasil. Como reflexo desta preocupação nacional, a região oeste paranaense foi contemplada com a intenção da construção da linha Guarapuava-Foz do Iguaçu explicitada no IIº Plano Nacional de Desenvolvimento (PND).

Em 1975, com o objetivo de interligar o Centro-Oeste brasileiro ao restante do país, por vias férreas, a Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO) e a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), do Ministério dos Transportes, firmam convênio para a realização de estudo de viabilidade técnico-econômica da ferrovia ligando Corumbá (MT) e região à malha de São Paulo e Paraná (Ferrovia da produção, 1986). Este estudo define como a melhor alternativa de traçado a ligação Miranda (MS)-Cascavel (PR), passando por Dourados (MS) e Guaíra (PR). Segundo BADEP (1986), a "disposição ferroviária" persiste e, em 1979, a RFFSA contrata os serviços da empresa Serviços de Assessoria, Planejamento e Engenharia S. A. (SAPSA) para estudos de atualização de demanda, considerando-se a possibilidade da extensão de suas linhas até Cascavel, vindas de Guarapuava.

As intenções de desenvolvimento do sistema ferroviário nacional são reforçadas pela assinatura do Tratado de Interconexão Ferroviária Brasil-Paraguai em 1980. Segundo Ferrovia da produção (1986), o Tratado previa a ligação Assunção-Salto del Guairá, no Paraguai, a Guaíra (PR), onde integrar-se-ia à linha vinda de Miranda (MS), com destino a Guarapuava, em

território brasileiro. Intencionava-se concluir toda a extensão no prazo de 4 anos, tendo esta ferrovia ficado conhecida como a "Ferrovia da Soja". O trecho brasileiro foi iniciado em fevereiro de 1982 e teve suas obras paralisadas em dezembro de 1983.

Com a concepção desta ferrovia pretendia-se, por um lado, utilizar uma modalidade de transporte que representasse menor gasto de combustível e diminuição do congestionamento provocado pelo escoamento da safra que ocorria predominantemente por vias rodoviárias. Além do mais, o Governo do Estado tinha mais motivações para empenhar-se na efetiva construção desta ferrovia. Segundo Ferrovia da soja (1980), os custos ferroviários com combustíveis eram 5 vezes menores que o rodoviário; o Estado seria beneficiado e teria condições de tirar proveito da extensa zona de influência da ferrovia, por possuir uma consolidada e bem estruturada rede de rodovias alimentadoras; o elevado potencial hidrelétrico do Paraná permitiria o uso de tração elétrica no sistema; duplicar estradas, naquele momento, representaria transtornos ao escoamento da safra; e, havia a possibilidade do Porto de Paranaguá preencher sua capacidade ociosa, que estava estimada em 50%.

Em 1985, o projeto da "Ferrovia da Soja" teve seu traçado ampliado e passou a fazer parte dos planos da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), tornando-se a "Ferrovia da Produção". O objetivo da CVRD era constituir um complexo sistema intermodal de transporte reunindo hidrovias, rodovias, ferrovias e terminal portuário, a partir de estudos pela Internacional de Engenharia S. A. (IESA) em janeiro de 1986. Para isso, projetava-se dois ramais que se encontrariam em Guaíra e seguiriam por Cascavel, um originado em Santa Cruz de la Sierra, na Bolívia, passando por Corumbá, Miranda e Dourados, e outro vindo de Assunção, no Paraguai (BADEP, 1986).

O projeto da "Ferrovia da Produção" era ambicioso pela área geográfica que pretendia atingir (Figura 3.2). Buscava abranger os estados brasileiros do Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina (noroeste), Mato

Grosso, Acre e Rondônia, a parte leste do Paraguai e a Província de Missiones na Argentina, através de uma zona de influência de 782 mil km^2, com a perspectiva de transportar 8,6 e 14,5 milhões de *t* em 1990 e 2005, respectivamente, de soja e derivados, milho, trigo e café, no sentido exportação, e 1,3 e 1,8 milhões de *t* nos anos de 1990 e 2005, respectivamente, de derivados de petróleo, álcool, fertilizantes e carvão, no sentido inverso (BADEP, 1986).

Apesar da comprovada viabilidade desses projetos, os mesmos não conseguiram ultrapassar a condição de um ideal. Somente no final dos anos 80 é que se começa a configurar um quadro mais próximo de se tornar realidade para o escoamento da produção agrícola e agroindustrial da área localizada a oeste do Estado do Paraná por via ferroviária. Em 15 de março de 1988, constitui-se a empresa Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A. (FERROESTE), uma sociedade de economia mista controlada acionariamente pelo Governo do Estado e vinculada à Secretaria Estadual de Transportes, que foi criada para projetar, construir e operacionalizar uma ferrovia entre as cidades de Guarapuava e Guaíra, com 419 *km* de extensão. Esta ferrovia serviria ao oeste, extremo oeste e sudoeste paranaenses, aos Estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e países vizinhos, Paraguai e Argentina a partir do estudo de viabilidade técnico-econômica contratado à *Canadian Pacific Consulting Services Ltd.* (FERROESTE, 1994). Em 1991 inicia-se efetivamente a construção da FERROESTE.

Segundo FERROESTE (1990), a empresa ganha a concessão do Governo Federal, através do Decreto Nº 96.913 de 3 de outubro de 1988, para a construção da ligação ferroviária entre Guarapuava e Dourados (MS), passando por Guaíra, tendo em contrapartida o direito de uso por 90 anos. Embora a concessão estendesse os direitos para a ligação ferroviária até Dourados, desde o início a construção foi modulada em duas etapas: primeira, Guarapuava-Cascavel, com 248 *km* de extensão; e a segunda, Cascavel-Guaíra, com 171 *km*.

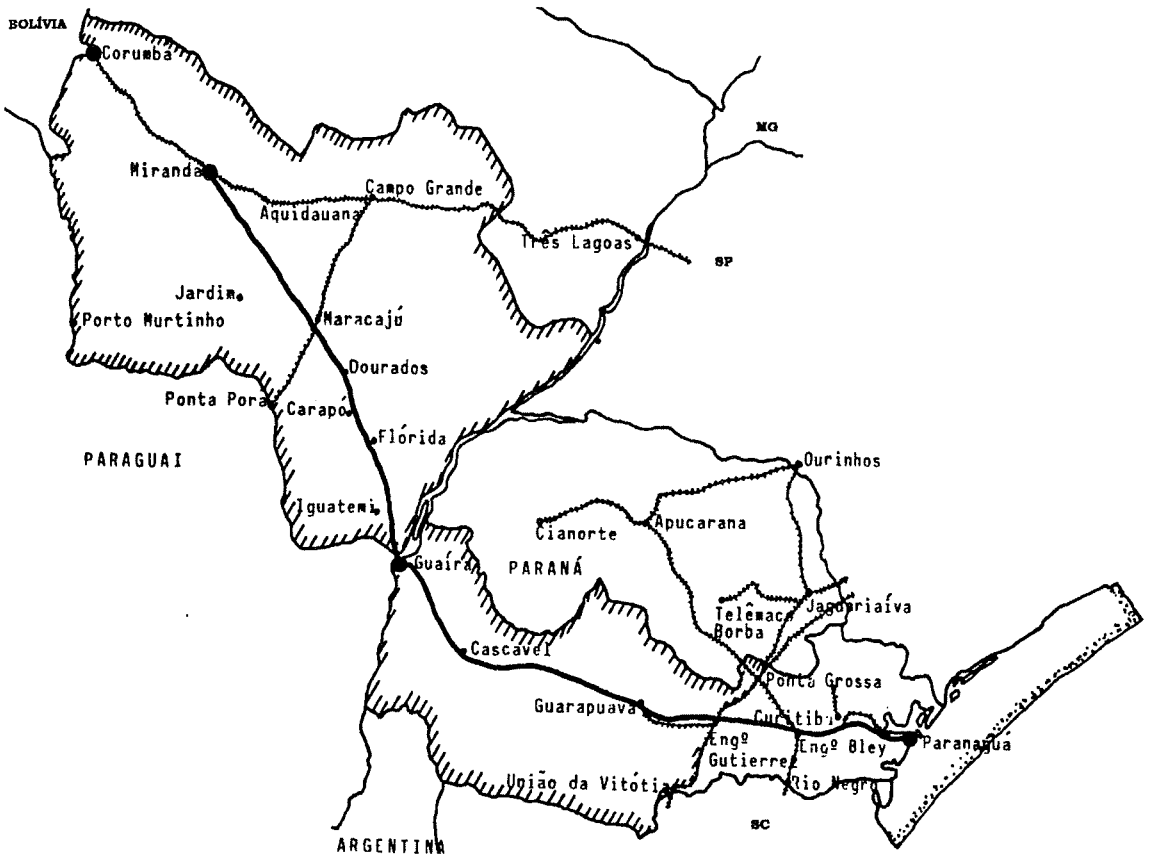


Figura 3.2 - Área de influência da "Ferrovia da Produção"

Restringindo a ferrovia ao seu território, o Governo paranaense pretendia, de acordo com FERROESTE (1994), gerar renda ao agricultor e aumentar a competitividade dos produtos exportados, agrícolas e agroindustrializados, com o esperado barateamento do frete entre 25 a 50%. Todo o esforço de aumento de produtividade da agricultura paranaense estava sendo corroído pelos valores crescentes dos fretes. O Estado perdia investimentos e potencial agrícola pelo direcionamento da produção de soja para novas áreas brasileiras, mais especificamente, no cerrado e em Estados do Meio-Norte. Por exemplo, segundo FAEP (1995), enquanto a soja exportada de Cascavel pelo Porto de Paranaguá, percorria 600 *km* e o frete rodoviário, única alternativa modal, custava US$20/*t*, o mesmo produto exportado de Balsas (MA) custava US$18,90/*t* e de Paragominas (PA), US$14,06/*t*,

distantes, respectivamente, 1.000 e 870 *km* do Porto Ponta da Madeira, porém, dispondo de transporte intermodal (rodo-ferroviário).

O processo de geração de renda e ganhos de competitividade se daria em duas frentes: o agricultor estaria apropriando-se desta parcela do frete menor, ao mesmo tempo em que poderia adquirir insumos a um preço menor. Esperava-se, ainda, externalidades, tais como, instalação das agroindústrias ao longo de seu traçado, com o respectivo processo de geração de renda, emprego, tributos e divisas, sendo também um instrumento de fixação do homem ao campo.

Além destes objetivos de atender a região que se responsabiliza por 50% da produção estadual de grãos, segundo FERROESTE (1995), foi criada uma expectativa de que a ferrovia cumpra funções estratégicas. Estando completa a ligação ferroviária Guarapuava-Cascavel-Guaíra, estaria constituído um sistema intermodal, hidro-rodo-ferroviário, apto a oferecer à produção da região Centro-Oeste e à produção e importação paraguaias uma infra-estrutura de transporte de menor custo de utilização, concorrendo com a Hidrovia Tietê-Paraná na atração de cargas, objetivando trazer produtos atualmente direcionados aos Portos de Santos e São Sebastião para o Porto de Paranaguá (Machado, 1987).

Por outro lado, a ferrovia Paraná Oeste pode ter papel estratégico em tempos de integração econômica. Por chegar às fronteiras com Paraguai e Argentina, a ferrovia pode ser uma alternativa para o transporte de cargas nos países do MERCOSUL e estender-se ao Oceano Pacífico por Antofagasta (Chile). Estes fluxos podem atingir cerca de 20 milhões de *t*/ano, segundo Paraná (1996), sendo que atualmente a área envolvida ressente-se de infra-estrutura de transporte adequada, envolvendo a extensão Cascavel-Foz do Iguaçu, de 143 *km* tornada prioritária.

A Tabela 3.4 apresenta aspectos quantitativos da demanda esperada no primeiro quinquênio de operação daquela ferrovia.

Tabela 3.4 - Expectativa de demanda da FERROESTE no período 1998-2000 (em 1.000 *t*)

Produto	Origem	Destino	1998	1999	2000
Soja	Guarapuava	Desvio Ribas	50	70	80
	Guarapuava	Araucária	50	60	70
	Cascavel	Desvio Ribas	230	240	260
	Cascavel	Araucária	100	100	120
	Cascavel	Paranaguá	1.100	1.300	510
	Guaíra	Desvio Ribas			100
	Guaíra	Paranaguá			400
	F. do Iguaçu	Paranaguá			700
Farelo	Guarapuava	Paranaguá	330	340	360
	Cascavel	Paranaguá	500	520	550
	Guaíra	Paranaguá			600
	F. do Iguaçu	Paranaguá			650
Subtotal Exportação (1)			2.360	2.630	4.400
Cimento	Rio Branco	Cascavel	70	70	80
Calcário	Rio Branco	Guarapuava /Cascavel	160	180	250
Fertilizantes	Paranaguá	Cascavel	60	80	100
Cevada	Paranaguá	Guarapuava	60	70	70
Combustível	Araucária	Cascavel/ F. do Iguaçu	160	400	500
Container	Paranaguá	Cascavel/ F. do Iguaçu	130	150	300
Subtotal- Importação (2)			640	950	1.300
TOTAL (1+2)			3.000	3.580	5.700

Fonte: Paraná (1996)

3.3 Considerações finais

Desta reconstituição histórica pôde-se observar que o processo de implantação das ferrovias no Paraná foi motivado por fatores econômicos, direcionado pelo Poder Público e sincronizado com as disposições existentes no cenário nacional. Primeiro, objetivou-se viabilizar o comércio exterior da Província, com a ligação Curitiba-Porto de Paranaguá, depois, integrar os mercados regionais e posteriormente integrar o Estado à economia nacional. Apesar da prioridade dada à modalidade rodoviária, construiu-se a Estrada de Ferro Central do Paraná, viabilizando, desta maneira, a ocupação demográfica e a expansão cafeeira no norte do Estado.

Somente no final dos anos 80 o Estado volta a capitanear a expansão ferroviária. Constitui a Estrada de Ferro Paraná Oeste S. A. para ligar as áreas produtoras de grãos a oeste e os centros de consumo e exportação a leste e inicia sua construção em 1991, finalizando-a em 1996.

Um traço marcante dessas experiências no Paraná é que as ligações ferroviárias sempre tiveram papel destacado no planejamento dos transportes no Estado. À primeira vista, o desenvolvimento de ferrovias no Paraná poderia ter sido bem mais intenso não fosse a escassez de capital e a orientação rodoviária do Governo Federal.

A partir de 1997, como resultado da administração privada das ferrovias e a visão de intermodalidade que prevalece atualmente nos sistemas de transporte, espera-se alterações na realidade ferroviária paranaense. O fato de toda a malha estadual, que inclui a antiga RFFSA e a FERROESTE, estar sob comandos privados, pode servir de impulso aos investimentos ferroviários no Estado, por captar os sinais dos mercados de *commodities* e de produtos agroindustrializados, que necessitam de redução de custos incorridos na comercialização para ganhos de competitividade, pela atração exercida pelo Porto de Paranaguá para exportação de grãos, principalmente, dos Estados de

São Paulo, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e para futuros incrementos de comércio no âmbito do MERCOSUL.

4 MATRIZES DE ORIGEM-DESTINO

A movimentação de qualquer mercadoria envolve um processo de escolha da modalidade de transporte mais adequada. Isto refere-se a determinar a modalidade de transporte mais competitiva, conjugando fatores estritamente econômicos (menor custo) e fatores qualitativos (segurança e rapidez, por exemplo). Por isso, o processo de escolha da modalidade, embasado em aspectos teóricos e mercadológicos, é fundamental para a composição dos custos totais das mercadorias, principalmente, para o caso dos produtos agrícolas.

Neste sentido, com base na matriz de origem-destino para grãos, pretende-se avaliar o potencial de competitividade das ferrovias no Estado do Paraná. Assim, a seção 4.1 apresenta o referencial teórico sobre matriz de origem-destino, enquanto as demais detalham as formas de se operacionalizar este estudo: em 4.2, especifica os pólos do estudo; em 4.3, os métodos para levantamento de dados; em 4.4, o modelo usado para estimar as matrizes de interesse neste estudo, item composto do modelo matemático, dos dados utilizados e das estimativas obtidas; em 4.5, são discutidas técnicas alternativas passíveis a serem utilizadas para a projeção de matrizes, apresentando-se as estimativas feitas para um período futuro.

4.1 Referencial teórico para matriz de origem-destino

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).

Para Kawamoto (1994), o desconhecimento das informações sobre origens e destinos na atividade de planejamento de transportes pode resultar em oferta insuficiente de transporte, operação ineficiente do sistema, ou irracionalidades de custo de transporte provocadas pelo superdimensionamento da oferta. Além do mais, conforme GEIPOT (1969), a avaliação de um sistema de transportes imprescinde de dados de volume e da configuração do tráfego, a partir das informações sobre origens e destinos que o compõem.

Em termos de construção teórica e de operacionalização, a matriz de origem-destino assemelha-se à matriz de insumo-produto. 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.

Segundo Leontief (1966a), 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. Mais especificamente, 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, conforme Leontief (1966b), 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 dos modelos multirregionais de insumo-produto e constrói-se o seu peculiar, reconhecendo

a interdependência entre regiões e objetivando-se identificar fluxos de produtos ou viagens que caracterizam esta interdependência.

Seguindo a elaboração da construção de uma matriz de insumo-produto, conforme Miller & Blair (1985), estabelece-se o caso de uma economia dividida em n setores. Denota-se por X_i a produção total do setor i e por Y_i a demanda final do bem produzido no setor i, de forma que

$$X_i = z_{i1} + z_{i2} + \ldots + z_{ii} + \ldots + z_{in} + Y_i \tag{4.1}$$

sendo os elementos z representativos das vendas do setor i aos demais setores da economia. Desta maneira, esta equação representa a distribuição da produção do setor i como insumo para os demais setores da economia. Para uma economia completa, tem-se

$$X_1 = z_{11} + z_{12} + \ldots + z_{1i} + \ldots + z_{1n} + Y_1 \tag{4.2}$$

$$X_2 = z_{21} + z_{22} + \ldots + z_{2i} + \ldots + z_{2n} + Y_2 \tag{4.3}$$

$$\vdots$$

$$X_i = z_{i1} + z_{i2} + \ldots + z_{ii} + \ldots + z_{in} + Y_i \tag{4.4}$$

$$\vdots$$

$$X_n = z_{n1} + z_{n2} + \ldots + z_{ni} + \ldots + z_{nn} + Y_n \tag{4.5}$$

Tabela 4.1 - Tabela esquemática de fluxos intersetoriais ou interregionais.

Setores	1	2	...	i	...	n	Y	Total
1	z_{11}	z_{12}	...	z_{1i}	...	z_{1n}	Y_1	X_1
2	z_{21}	z_{22}		z_{2i}		z_{2n}	Y_2	X_2
i	z_{i1}	z_{i2}		z_{ii}		z_{in}	Y_i	X_i
n	z_{n1}	z_{n2}		z_{ni}		z_{nn}	Y_n	X_n
	X_1	X_2	...	X_{in}	...	X_{nn}	Y	X

Fonte: Adaptado de Miller & Blair (1985)

A Tabela 4.1 procura sumarizar as relações numa matriz de insumo-produto. Nesta matriz, os z_{ij} representam o valor monetário do produto do setor *i* utilizado como insumo no setor *j*.

A Tabela 4.2 ilustra a forma geral de uma matriz de origem-destino. Nesse caso, os elementos t_{ij} representam determinadas quantidades de fluxo de produto (no caso de tratar-se de cargas) ou de viagens (quando forem de interesse fluxos de passageiros ou de veículos) originados na região *i* e destinados à região *j*. Os elementos da diagonal principal são os fluxos[1] intra-zonais, sendo os demais, o 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 4.2 - Forma geral da matriz de origem-destino.

	Destino						
Origem	1	2	...	*j*	...	*z*	$\sum_j T_{ij}$
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)

Apesar de sua importância, um ponto crítico na utilização de matrizes de origem-destino está na obtenção dos dados necessários à sua

[1] Uma matriz de rigem-destino é especifica no que diz respeito aos fluxos, requerendo uma mesma unidade, tais como pessoas, toneladas e unidades de veículos, respectivamente, para os casos de estudos de passageiros, cargas e volume de tráfego.

construção. As limitações práticas, como a profundidade e o horizonte do estudo, a delimitação da área e a disponibilidade de recursos, influenciarão na escolha da metodologia mais adequada para a coleta dos dados necessários. Porém, seja qual for a situação, conforme Bovy & Stern (1990), o passo inicial é conhecer a delimitação espacial do estudo (zoneamento), os agentes que demandam o serviço de transporte e as rotas utilizadas. As diferenças operacionais ocorrem a partir deste ponto.

A utilidade prática inicial do zoneamento está na divisão da área em estudo para fins de modelagem, que serão, em síntese, os pontos de origens e destinos. O tamanho e o número das zonas estarão respaldados no contexto de cada estudo. Assim, usualmente, na análise de tráfego utilizam-se zonas menores, enquanto estudos estratégicos utilizarão zonas de maior abrangência. No entanto, conforme Ortúzar & Willumsen (1995), alguns cuidados devem ser tomados no processo de zoneamento, tais como compatibilizar as zonas com outras divisões administrativas e garantir a homogeneidade da zona, de acordo com os interesses do estudo.

No caso geral, são levantadas informações a respeito de viagens, uso do solo, emprego e atividades econômicas em geral. Mais especificamente, procura-se ter conhecimento sobre a infra-estrutura pública e privada de transporte; uso do solo (densidade populacional nas zonas residenciais e tipos de estabelecimentos nas zonas comerciais e industriais); levantamento de origens e destinos e dados do tráfego referentes a fluxo, velocidade e tempo de viagem; e informações sócio-econômicas gerais, tais como renda, tamanho e propriedade de veículos nas famílias (Ortúzar & Willumsen, 1995).

Assim, quando for de interesse medir o fluxo de passageiros, a abordagem é feita diretamente com as pessoas que utilizam-se deste serviço. Após definida a amostra, segundo Constantine (1964), a pesquisa pode ser conduzida por entrevistas domiciliares, por abordagens e contagens de tráfego diretamente nos veículos utilizados para transporte e por questionários

enviados aos usuários. São levantadas informações sobre as viagens, tais como origem e destino da viagem, motivo, tempo gasto para percorrer o percurso, modalidade de transporte utilizada e dados sócio-econômicos, como foi o caso, por exemplo, em Metrô (1976). Mais recentemente, conforme Peterson & Hamburg (1986), obteve-se significativa redução de custo do processo pelo uso de entrevistas por telefone.

Para a medição do fluxo de veículos, a prática usual é a contagem nas próprias vias de transporte, a partir de amostragens nos postos de contagem em horários e dias da semana pré-estabelecidos. Por exemplo, UFSC/NDTT (1984) utilizou postos das polícias rodoviárias Estadual e Federal e de fiscalização da Fazenda para pesquisas de origem-destino no Estado de Santa Catarina. Por sua vez, SONDOTÉCNICA S.A. (1973) utilizou a abordagem de veículos nas estradas, por meio do estabelecimento de estações de coleta de informações sobre origem, destino e propósitos da viagem no Estado de São Paulo.

4.2 Área sob estudo

O Estado do Paraná ocupa posição de destaque no cenário econômico e social nacional, tanto no que se diz respeito a aspectos quantitativos como qualitativos. Com uma população estimada em 8,7 milhões de habitantes e ocupando 5,64% do território brasileiro, o Paraná produziu um PIB em torno de US$41 bilhões (1995), o que equivale a 6% da renda brasileira (Paraná, 1996). Isto possibilita a quarta maior renda *per capita* entre os estados do Brasil, sendo que agropecuária, indústria e serviços contribuíram com, respectivamente, 18%, 41% e 41% na geração da renda no ano de 1994 (Silva et al., 1996).

O Paraná contribui historicamente com cerca de 25% da produção brasileira de grãos. A safra nacional de grãos 1994/95 foi de 81

milhões de toneladas, sendo que os produtos milho, soja e trigo representaram 80% desse total e ocuparam 38,5 milhões de hectares de terras (CONAB, 1996). O Estado liderou a produção nacional desses produtos nesta safra, tendo atingido para milho, soja e trigo, respectivamente, 24,5%, 21,4% e 68,7% do total nacional (Tabela 4.3).

Estes produtos mantêm algumas peculiaridades. Milho e soja, como culturas de verão, experimentaram um intenso processo de concorrência por área no Estado do Paraná no período 1970-1990, conforme demonstrado pelo efeito-substituição em Martins & Massola (1994). No qüinqüênio seguinte, 1990-95, as duas culturas perderam o perfil de concorrentes entre si, ocupando área de outros produtos, a saber: arroz, café, feijão e algodão (Martins & Massola, 1995).

Tabela 4.3 - Área plantada (em mil *ha*) e produção (em mil *t*) de milho, soja e trigo no Brasil e no Estado do Paraná na safra 1994/95.

Produto	Área (em mil *ha*)		Produção (em mil *t*)	
	Brasil	Paraná	Brasil	Paraná
Milho	14.282,2	3.150,0	37.441,9	9.180,0
Soja	11.678,7	2.120,6	25.934,1	5.534,0
Trigo	1.033,8	635,0	1.524,0	1.047,0

Fonte: CONAB (1996)

O milho direciona-se para as atividades de criação e para as fábricas de ração e moinhos localizados no Paraná e em outros estados, enquanto a soja destina-se parcialmente para exportação em grão e em maior escala para a indústria de processamento para a produção de óleo e farelo. No caso do trigo, o produto tem sofrido grandes oscilações de área plantada em função de incertezas quanto aos efeitos da reconhecida falta de vantagem

comparativa da produção nacional, integração do País ao MERCOSUL e distúrbios no mercado internacional.

Para efeito deste estudo, procedeu-se o zoneamento do Estado, com vistas à identificação de pólos econômicos, pressupondo-se que nestes concentram-se empresas de comercialização de produtos agrícolas e empresas agroindustriais. Para estudos dessa natureza, a identificação de pólos significa concentração das atividades econômicas, em sentido geral, implicando a geração de fluxos mais consistentes e significativos de transporte. Para tal, segue-se a metodologia da regionalização adotada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísitca (IBGE), conforme documentado em FIBGE (1987).

De acordo com esta identificação, as cidades são hierarquizadas segundo seu alcance espacial na distribuição varejista e na prestação de serviços. Dessa maneira, estabelece-se as regiões de influência das cidades, hierarquizadas conforme localidades centrais e respectivas áreas de influência. Para a operacionalização deste estudo, os dados referentes aos pólos incluem a localidade e sua respectiva área de influência. Para o caso do Estado do Paraná, os pólos e respectivas microrregiões geográficas de influência encontram-se na Figura 4.1 e na Tabela 4.4.

4.2.1 Infra-estrutura de transporte

No Estado do Paraná, predomina a modalidade rodoviária de transporte. Segundo Paraná (1996), somando-se as redes rodoviárias federal, estadual e municipais, o sistema atinge 40.200 *km* e cerca de 2.500 *km* de extensão de vias férreas, sem alternativas de transporte hidroviário.

Figura 4.1 - Pólos econômicos do Estado do Paraná e respectivas áreas de influência

Tabela 4.4 - Pólos e respectivas microrregiões geográficas no Estado do Paraná.

Pólo	Microrregião geográfica
Curitiba	Curitiba, São Mateus do Sul, Cerro Azul, Lapa, Rio Negro
Londrina	Londrina, Astorga, Assaí, Porecatu
Ponta Grossa	Ponta Grossa, Telêmaco Borba, Jaguaraíva, Prudentópolis, Irati
Apucarana	Apucarana
Campo Mourão	Campo Mourão, Goio-Erê
Cascavel	Cascavel, Toledo
Cornélio Procópio	Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibati, Wenceslau Braz
Maringá	Maringá, Floraí, Paranavaí, Cianorte
Paranaguá	Paranaguá
Pato Branco	Pato Branco, Capanema, Francisco Beltrão, Palmas
Umuarama	Umuarama, Guaíra
Guarapuava	Guarapuava, União da Vitória
Foz do Iguaçu	Foz do Iguaçu

Fonte: FIBGE (1987)

Do sistema rodoviário total prevalecem as malhas municipais, em grande parte sem pavimentação. Dezessete rodovias federais (BRs) somam 3.300 *km* e 149 rodovias estaduais (PRs) perfazem um total de 12.400 *km*. Deste sistema, 2.029 *km* compõem o Programa de concessão de rodovias do Estado, intitulado Anel de Integração, com vistas à melhoria da qualidade das rodovias e prestação de serviços, tais como melhor conservação e duplicação das vias, contornos de cidades, postos de pesagem e postos médicos (Paraná, 1996). A Figura 4.2 identifica as rodovias que interligam os pólos desse estudo.

Por sua vez, conforme será destacado no capítulo 3, as ferrovias paranaenses concentram-se na parte oriental do Estado, tendo um nítido caráter de escoadouro da produção agrícola da região norte. A Tabela 4.5 apresenta as linhas principais e os ramais que compõem a malha ferroviária paranaense ilustrada na Figura 4.3.

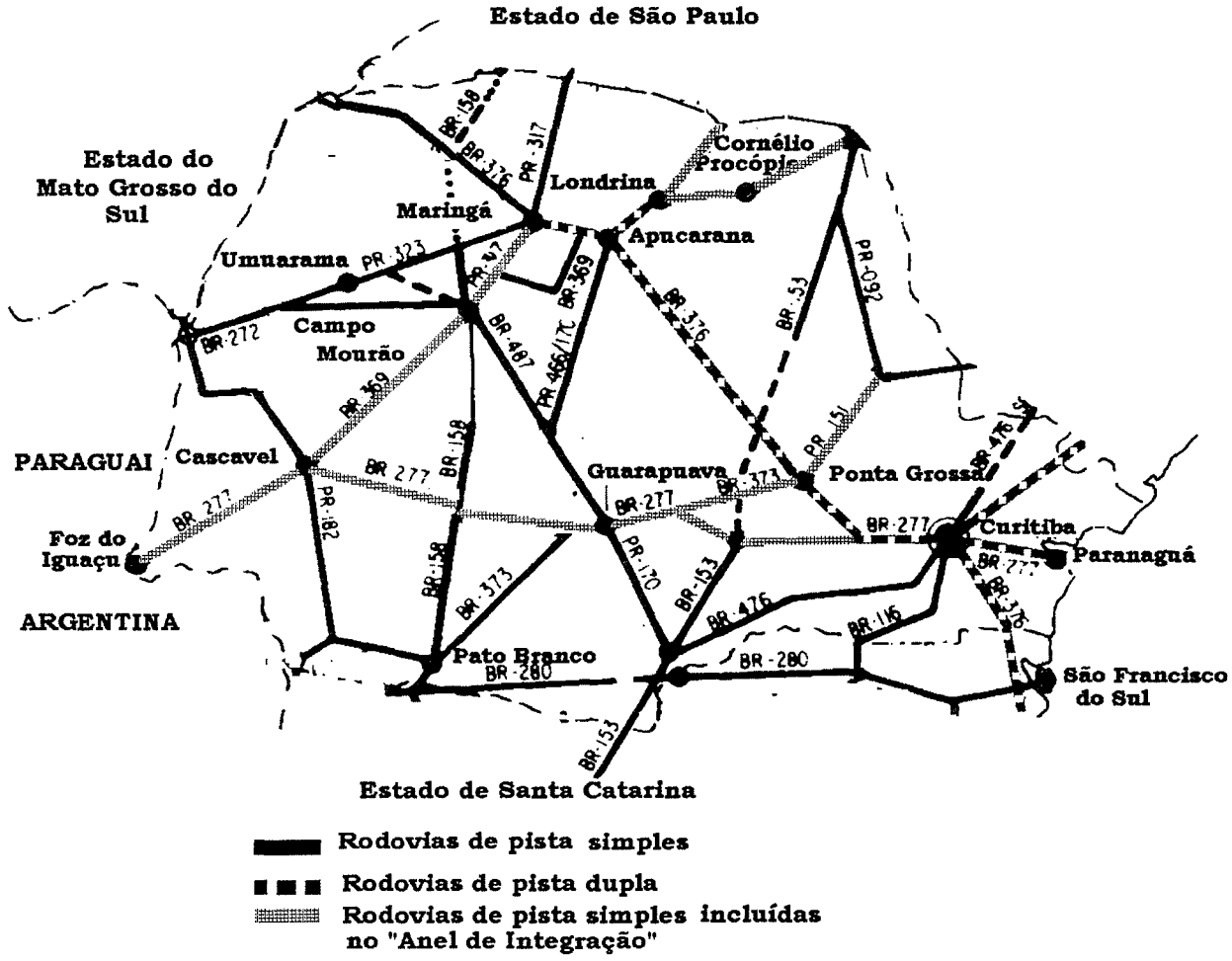
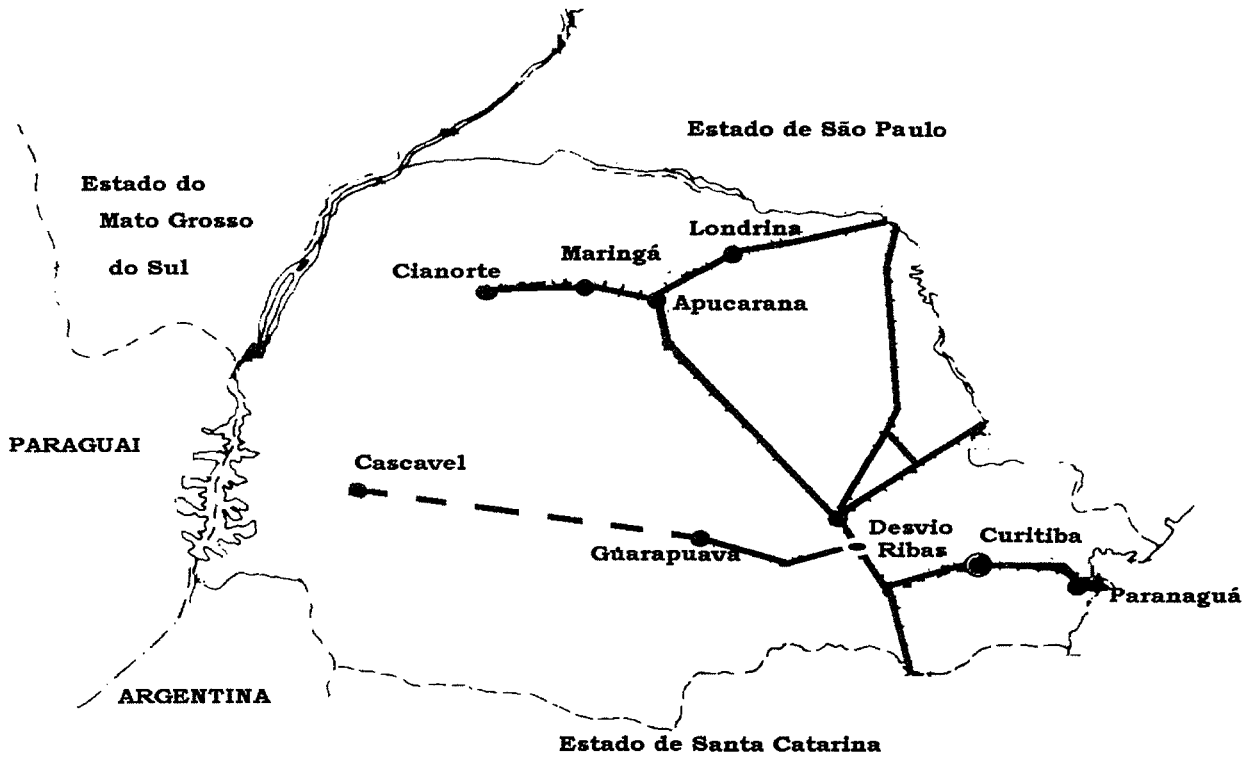


Figura 4.2 - Malha rodoviária no Estado do Paraná.



---------- FERROESTE, operada pela FERROPAR

RFFSA, operada pela Ferrovia Sul Atlântico

Figura 4.3 - Malha ferroviária no Estado do Paraná.

Tabela 4.5 - Trechos (linhas principais e ramais) da malha ferroviária e respectivas extensões (em *km*) no Estado do Paraná.

Ferrovias	Extensão (*km*)
R.F.F.S.A.[1]	
Linhas Principais	
Paranaguá-Ponta Grossa	264,50
Itararé-União da Vitória	488,43
Jaguariaíva-Marques dos Reis	208,86
Ourinhos (SP)-Cianorte	430,00
Engenheiro Bley-Mafra (SC)	63,74
Uvaranas-Pinhalzinho	128,60
Apucarana-Ponta Grossa	332,24
SUBTOTAL (1)	1.916,37
Ramais	
Morretes-Antonina	16,20
Curitiba-Rio Branco do Sul	43,45
Raul Mesquita-Harmonia	116,64
Engenheiro Gutierrez-Guarapuava	139,45
Cará-Cará-Oficinas	2,89
SUBTOTAL (2)	318,63
FERROESTE[2]	
Guarapuava-Cascavel (3)	248,00
TOTAL (1+2+3)	**2.483,00**

Fonte: 1- IPARDES (1979), referindo-se à malha sob concessão para a Ferrovia Sul Atlântico.
2- FERROESTE (1995), referindo-se à malha sob concessão para a FERROPAR.

A entrada em operação da FERROESTE é a primeira iniciativa para desconcentrar a malha, incrementando o transporte ferroviário na parte central em direção ao oeste estadual. Toda essa malha foi repassada à administração privada, o que pode se reverter em utilização mais intensiva da infra-estrutura existente e em novos projetos ferroviários.

No que diz respeito às hidrovias, apesar de previsto desde 1973 pelo Plano Nacional de Viação, o transporte hidroviário no Estado do Paraná ainda não se consolidou. Foram programados 1.836 *km* de hidrovias, a serem integralizados pelas seguintes ligações: Rio Paraná-foz do Rio Iguaçu/confluência com o Rio Paranapanema, Rio Paranapanema-foz com o Rio Paraná/Salto Grande e Rio Iguaçu-foz com Rio Paraná, em Curitiba.

O Porto de Paranaguá complementa a infra-estrutura de transporte do Estado. Localizado num ponto estratégico, esse porto tem como área de influência o Estado do Paraná, e porções de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e São Paulo.

Segundo GEIPOT (1994c), duas ligações garantem o acesso rodoviário ao Porto de Paranaguá. O tráfego oriundo de Santa Catarina e Rio Grande do Sul alcança Paranaguá pela conexão das estradas PR-407 e PR-412, sendo que o restante do fluxo é direcionado através da BR-277, a partir de Curitiba.

Em Curitiba também concentram-se as cargas com destino ao porto por vias férreas. A Ferrovia Sul Atlântico movimenta a carga até o porto, em bitola métrica, ficando para a administração portuária a responsabilidade por dessa tarefa quando a carga atinge os pátios de Paranaguá.

O acesso marítimo ocorre pelo canal de Galheta. Este canal foi aberto em 1976 e aprimorou as condições de trabalho do Porto por protegê-lo de agitações marítimas.

4.3 Levantamento de dados para matrizes de origem-destino (O/D)

Alguns aspectos distinguem a operacionalização de matrizes de origem-destino para cargas e para veículos e passageiros. Segundo Hoel (1974), o maior problema em se lidar com transporte de mercadorias é a obtenção de dados. Os registros dos fluxos de mercadorias entre as cidades estão pulverizados ao nível das empresas transportadoras, tornando-se uma

tarefa complexa reuni-los e sistematizá-los. Conforme complementam Ortúzar & Willumsen (1995), outros fatores distinguem o transporte de mercadorias frente ao de passageiros, tais como, aqueles locacionais, pelo fato da indústria estar localizada entre a fonte de matéria-prima e o mercado consumidor; a variedade de produtos e suas condições físicas; os fatores operacionais e a dispersão geográfica das firmas; as variações sazonais na demanda pelo serviço de transporte; e, as condições de preço dos fretes, que tendem a ser flexíveis, de acordo com o nível requerido pelo demandante do serviço.

Assim, alguns procedimentos diferentes são utilizados para o levantamento dos dados necessários à construção de uma matriz de O/D para cargas. Segundo GEIPOT (1984), as pesquisas O/D desenvolvidas na Inglaterra nortearam levantamentos do gênero em vários outros países, como Estados Unidos, França, Holanda e Brasil. Os procedimentos de levantamentos dos dados baseiam-se em pesquisas amostrais semanais junto aos operadores dos transportes, por via postal.

Partindo desse princípio, por exemplo, os Estados Unidos compõem a *Commodity Flow Survey* (CFS), versão americana da pesquisa O/D, a cada 5 anos. Trata-se da continuação da *Commodity Transportation Survey*, que ocorreu sistematicamente entre 1963 e 1977. O levantamento é feito com base numa amostra estratificada de 200.000 estabelecimentos, num universo de 900.000, quando são levantados dados de origem e destino dos produtos (classificação de 5 dígitos), quanto a peso, valor e modalidade de transporte, em questionários enviados aos estabelecimentos comerciais dos vários setores da economia nos 4 trimestres do ano.[2] Os dados sobre transporte ferroviário e hidroviário são obtidos diretamente nos documentos de embarque dos operadores dessas modalidades de transporte.[3]

---

[2] Informações obtidas em http://www.bts.gov/cfs/ntar/ntar_defined.html.

[3] Segundo SCHMITT, R. (Do *Department of Transportation*, E.U.A.). Informações obtidas em 15/11/96 pelo e-mail cfs@bts.gov.

Uma pesquisa O/D pode ser usada também como instrumental para avaliação da infra-estrutura de transportes. Assim aconteceu num trabalho da Organização das Nações Unidas (ONU) para o Vietnã, a partir de uma única amostragem feita em 1990, não tendo sido, desta maneira, consideradas eventuais variações sazonais.[4] O objetivo era a avaliação da adequação da infra-estrutura de transportes e para isso foram considerados diferentes cenários de produção e consumo para o ano 2000.

Em Ontário, Canadá, utilizou-se um estudo de O/D para avaliar as possibilidades de redução de CO_2, com rotas alternativas para cargas originadas e destinadas àquele município. A amostragem foi feita com base na seleção de indústrias e companhias representativas para produtos selecionados.[5]

No Brasil, as matrizes O/D também são utilizadas para avaliação e planejamento de transportes pelo órgão público responsável pela matéria, a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), do Ministério dos Transportes. Nos anos 70, procurando seguir a experiência inglesa, o GEIPOT procurou fazer das pesquisas O/D um levantamento sistemático para a formação de banco de dados que fornecessem subsídios a estudos de planejamento de transportes. Isto fica evidente em GEIPOT (1972a) e GEIPOT (1972b), onde está explicitada uma série de princípios norteadores das pesquisas do gênero a fim de se uniformizar os procedimentos, disciplinando a coleta dos dados e definindo a confiabilidade dos resultados. Definiu-se pela padronização do levantamento em 3 coletas de 7 dias consecutivos.

Dentro desta perspectiva, o Estado de São Paulo estruturou o Sistema de Planejamento de Transportes (SPT), com base no Modelo de

---

[4] Informações obtidas em http://www.serve.net/vietnam/pages/viet0652.htm.

[5] Conforme http://www.web.apc.org/users/ortee/transportation/report7/chap3.html.

Lowry.[6] Este era um sistema administrativo para o planejamento de todas as modalidades de transporte no estado, tendo sido sua elaboração e implantação sob responsabilidade de técnicos brasileiros e ingleses oriundos da Universidade de Cambridge. O sistema interativo trabalhava simultaneamente com a distribuição espacial da atividade econômica, a nível regional, e com a distribuição e alocação dos fluxos à rede multimodal de transportes.

O transporte de cargas era contemplado no Submodelo de Demanda Anual de Transportes (ATDS), que estimava a demanda, os fluxos e a produção de cada produto em cada zona. A partir de estimativas de consumo pessoal, por coeficientes de consumo *per capita*, e consumo intermediário, por coeficientes de insumo-produto, obtinha-se a estimativa da demanda. A estimativa da produção da zona iniciava-se pelo estabelecimento de um parâmetro representativo de atratividade relativa de cada zona para cada produto, que pode ser interpretado como uma função de produção de cada produto em cada zona. Por formulação entrópica, o modelo fornecia os fluxos de produtos entre os diversos pares de zonas (Novaes, 1982).

No Brasil, atualmente, as matrizes O/D são utilizadas pelo próprio GEIPOT, com menos sistematicidade que se pretendia, e por empresas de consultoria em planejamento de transportes. Este instrumental está presente em Planos Diretores de Transportes, por exemplo, como foram os casos 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).[7]

No entanto, observa-se que não há uma uniformização nos procedimentos de levantamentos dos dados de O/D. GEIPOT (1995), no

---

[6] Para maiores detalhes sobre o modelo, consultar Novaes (1982).

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

"Projeto Corredores", constrói as matrizes O/D a partir de balanceamentos entre produção e consumo das zonas de interesse. Para quantificação da produção são levantados dados da produção municipal, pesquisas de campo de origens e destino e informações da indústria de transformação. Já a quantificação do consumo envolve informações referentes ao consumo *per capita* e consumo da indústria de transformação. Obtém-se, assim, a matriz O/D pela utilização do *software* STAN[8], que faz o balanceamento de produção e consumo, sendo que o estabelecimento dos fluxos não identificados na pesquisa de campo O/D dá-se pelo critério de menor distância entre a origem e o destino.

Embora tivesse o mesmo princípio metodológico, SONDOTÉCNICA/SÃO PAULO (1977) faz estimativas do consumo a partir de alguns indicadores, como elasticidade-renda da demanda e consumo *per capita.*

Uma outra maneira de se obter dados é através do levantamento a partir de postos de coleta de informações. São levantados dados a respeito da origem, destino, motivação e distância percorrida em amostragens em pontos pré-estabelecidos estrategicamente nas vias de transporte. Por exemplo, UFSC/NDTT (1984) e SONDOTÉCNICA S.A. (1973) e SAPSA/DNER (1978) utilizaram-se deste método para levantamento de informações sobre o tráfego de cargas e veículos, respectivamente, em Santa Catarina e em São Paulo.

Um outro procedimento metodológico possível para a construção de uma matriz de origem-destino pode ser baseado a partir de matrizes de insumo-produto multirregionais. Segundo Kanafani (1983), pode-se identificar dois métodos para esse fim: o método de gravidade de Leontief e o método da coluna de coeficiente de comércio de Moses.

---

[8] Programa desenvolvido pela Inro Consultants Inco. (Canadá) para tratar de problemas de planejamento estratégico de transportes interregionais. É usado em 13 países por 25 organizações, públicas e privadas (Informações obtidas em http://www.inro.ca).

No método de Leontief[9], parte-se das linhas e colunas, que representam a produção e o consumo total para cada produto em cada região. Os fluxos são estabelecidos a partir de coeficientes de gravidade para cada par de regiões e produto, que correspondem aos custos de transferência de uma unidade de produto entre o par de regiões.

Por sua vez, Moses[10] desenvolveu o método da coluna dos coeficientes, que supõe uma proporção fixa de produtos importados no consumo total regional para cada região. Esta simplificação cria uma matriz diagonal de coeficientes de intercâmbio regional para cada par de regiões e para cada produto, que pode ser usada para resolver futuras alterações nos volumes de produção e consumo, mas sendo incapaz de captar alterações no sistema de transportes por não considerar de alguma maneira os custos de transporte.

4.4 Modelo proposto

Segundo Bayliss (1996), convencionalmente, os agentes econômicos tomam decisões relativas à utilização dos serviços de transporte em quatro estágios: 1) o demandante decide se necessita do serviço; 2) identifica seu destino; 3) decide qual modal de transporte utilizará; e 4) decide qual rota de transporte utilizará. Sendo assim, os modelos de transporte são construídos em 4 estágios: 1) geração de viagens, quando se configura a atração e geração de viagens para cada zona; 2) distribuição de viagens, que distribui o tráfego gerado para cada zona entre as demais; 3) escolha modal, que aloca os fluxos interzonais entre as modalidades de transporte; e 4)

---

[9] Leontief (1966) e Leontief, W. Quantitative input-output relations en the economic system of the United States. **Rev. Econ. Stat.**, v.18, n.3, 1936.

[10] Moses, L. The stability of interregional trading patterns and input-output analysis. **American Economic Review**, v.45, n.5, p.803-831, 1955.

designação de fluxos, que refere-se aos casos de fluxos entre zonas de interesse por um específico modal de transporte.

Este estudo procurou seguir estes passos básicos para atingir seu objetivo geral, que é avaliar as contribuições, efetivas e potenciais, da modalidade ferroviária no transporte de grãos no Estado do Paraná. Para isso, inicialmente, identificou-se os pólos econômicos do Estado, pressupondo que nesses reúnem-se os fluxos mais significativos de produtos, tanto atraídos quanto gerados. Um próximo passo consiste no levantamento de informações relativas à produção e consumo de milho, soja, farelo e trigo entre os pólos, com finalidade de estimar a matriz de origem-destino para os produtos.

As matrizes de origem-destino fornecem uma informação básica ao planejamento de transportes, que é o fluxo quantitativo de mercadorias, pessoas ou veículos, conforme seja o interesse.

Como visto anteriormente, diferentes metodologias são usadas na construção dessas matrizes. Porém, apesar de toda a importância do conhecimento das informações fornecidas por este instrumental, no Brasil, não tem sido comum sua utilização pelos órgãos públicos para fins de avaliação da infra-estrutura de transportes. Isso tem ocorrido em função do custo financeiro e do tempo gasto no levantamento de informações através de pesquisas de campo. O GEIPOT organizou matrizes no projeto "Corredores" para 1992 e para 1995, que atingem a macrorregiões brasileiras.

Utilizando-se o caso de grãos no Estado do Paraná, este estudo objetivará estimar a matriz para fluxos de milho, soja, farelo e trigo do 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. Pretende-se identificar os fluxos a partir do balanceamento das informações disponíveis sobre consumo e produção (variáveis exógenas).

Existem experiências na estimação de informações adicionais relevantes. A partir do conhecimento de características das viagens, tais como

o tempo ou o custo da viagem, bem como as características sócio-econômicas entre origens e destinos, Carey et al. (1981) utilizaram estimativas de funções de demanda para compor uma matriz O/D. Ortúzar & Willumsen (1994) relatam outras técnicas possíveis na obtenção de dados de produção e de consumo, tais como o uso de estudos setoriais, de modelos macroeconômicos, como matrizes de insumo-produto, de métodos econométricos e de informações sobre capacidade de armazenagem. A natureza das estimativas utilizadas neste estudo será relatada mais adiante, no momento da descrição dos dados de consumo e produção dos respectivos grãos.

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 mais freqüente, revertendo-se em evidentes benefícios quando aplicado a quaisquer regiões, pela avaliação mais freqüente da infra-estrutura de transporte, elemento importante no jogo atual do desenvolvimento de ambientes regionais competitivos.

Os processos de estimativas das matrizes de origem-destino para grãos no Estado do Paraná podem ser operacionalizados como problemas típicos de solução por modelos de programação linear.

Casos de distribuição entre pontos de origem e de destino, como é o presente estudo, podem ser solucionados 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, 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, conforme 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 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.

A modelagem de problemas de transporte em rede tem tido ampla aplicação. Prastacos & Romanos (1987) construíram um modelo de rede para alocação de investimentos em transporte de alcance multirregional aplicado à Grécia. Oliveira (1996) utilizou-se do mesmo instrumental para avaliar a competitividade do transporte hidroviário de grãos e farelos na área de influência da Hidrovia Tietê-Paraná. Arbage (1996) procedeu estudo semelhante para o transporte de soja em grão no Estado do Rio Grande do Sul, considerando o maior aproveitamento do transporte hidroviário pelo Porto de Cachoeira do Sul, com destino ao Porto de Rio Grande. Guarim (1992) analisou a competitividade das áreas de produção tradicional e de expansão de soja no comércio inter-regional brasileiro. O GEIPOT tem usado o instrumental recorrentemente para determinar rotas de menor custo e avaliar a infra-estrutura de transporte nos corredores de exportação no Brasil (GEIPOT, 1994b e 1995). Wright (1980) formulou um modelo de redes capacitadas para avaliar a infra-estrutura de transporte e armazenagem de grãos no corredor de exportação de Paranaguá (PR). Koo et al. (1985) avaliaram os impactos das capacidades de transporte e impactos das mudanças nos preços dos serviços de transporte sobre a comercialização de grãos e sobre a infra-estrutura de transporte nos Estados Unidos. Fuller et al. (1985) estimaram fluxos espaciais

e temporais ótimos de algodão que minimizam o custo de desembarque, estocagem e processamento em indústrias nos estados Novo México e Texas, nos Estados Unidos.

Douherty (1995) realizou também valiosa revisão da literatura dos artigos de publicações de circulação internacional entre os anos de 1990 e 1995, identificando as diversas formas de modelos de rede aplicadas aos problemas de transporte.

O modelo matemático para resolver esta espécie de problema por programação linear forma um sistema de expressões lineares, que representam restrições, as quais serão a base para a equação a ser otimizada, denominada "objetivo" (Z). Objetiva-se identificar os valores das variáveis de decisão ($x_1, x_2, \ldots, x_n$) que otimizem Z.

Assim, a forma geral desse modelo de programação linear pode ser colocada matematicamente como

$$\text{Otimizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n \tag{4.6}$$

sujeito às restrições

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n \{\leq, =, \geq\} b_1 \tag{4.7}$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n \{\leq, =, \geq\} b_2 \tag{4.8}$$

$$\vdots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \{\leq, =, \geq\} b_m \tag{4.9}$$

$$x_1, x_2, \ldots, x_n \geq 0 \tag{4.10}$$

o que equivale a encontrar $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ que otimize (maximize ou minimize) a função objetivo Z, a partir das restrições 4.7 a 4.10.

Matricialmente, o problema pode ser apresentado como o de

$$\text{Otimizar } Z = \mathbf{cx} \tag{4.11}$$

sujeito a

$$\mathbf{Ax} \{\leq, =, \geq\} \mathbf{b} \tag{4.12}$$

$$\mathbf{x} \geq 0 \tag{4.13}$$

onde:

A = matriz *mxn* dos coeficientes das restrições;

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12}\ldots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}\ldots a_{2n} \\ \vdots & \vdots \quad \ddots \quad \vdots \\ a_{m1} & a_{m2}\ldots a_{mn} \end{pmatrix} = \left(\mathbf{a}_1,\ \mathbf{a}_2,\ldots,\ \mathbf{a}_n \right)$$

b = vetor *m*,

$$\mathbf{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$$

c = vetor *n*, $\mathbf{c} = \left(\mathbf{c}_1,\ \mathbf{c}_2,\ldots,\ \mathbf{c}_n \right)$

x = vetor *n* de variáveis

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$$

Dessa maneira, o problema típico de transporte é formulado num modelo que vise determinar os fluxos de produtos entre regiões, produtoras e consumidoras, que minimizam o custo de transporte. Uma vez que o modelo tem restrições de oferta e demanda em cada região, satisfaz-se a condição de equilíbrio espacial (Koo & Larson, 1985).

Assim, o problema genérico de transporte pode ser formulado como (Kanafani, 1983)

$$\text{Min } Z = \sum_p \sum_i \sum_j c_{ij} X_{ij}^p \qquad (4.14)$$

sujeito às restrições

$$\sum_j X_{ij}^p \leq S_i^p , \qquad \text{para todo } i,j \qquad (4.15)$$

$$\sum_i X_{ij}^p \geq D_j^p , \qquad \text{para todo } i,j \qquad (4.16)$$

$$X_{ij}^{p} \geq 0, \qquad \text{para todo } i,j \qquad (4.17)$$

sendo:

Z = função de custo total de transporte;

c_{ij} = custo de transporte entre as regiões i e j, por unidade do produto;

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

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

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

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, como custo de transporte e tempo de viagem, por exemplo, 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). Os resultados obtidos mantiveram-se fiéis com os perfis das estimativas anteriores de matrizes de origem-destino feitas pelo GEIPOT e foram suportados por informações obtidas junto à APPA, referentes ao registro de produtos que ingressaram no porto por via rodoviária, e na RFFSA[11], referentes ao volume movimentado por via ferroviária.

Ainda, no mesmo período, o GEIPOT procedeu um estudo de racionalização de transporte de granéis agrícolas a nível nacional, tendo usado pesquisas de origem-destino que incluía os produtos em apreço neste estudo (GEIPOT, 1997)[12]. No entanto, torna-se bastante complexa a comparação, dada a dificuldade em isolar fluxos que dizem respeito exlusivamente ao Estado do Paraná e uma vez que esta pesquisa utilizou 13 pólos enquanto o

---

[11] Conforme publicados em RFFSA.Rede Ferroviária Federal S. A. **Relatório anual -1995/SR-5**. Curitiba: RFFSA, 1996.

[12] As matrizes referentes a este estudo não foram publicadas, tendo sido obtidas diretamente junto ao GEIPOT.

GEIPOT apenas 5. Essa diferença no número de pólos implica diferenças nas atribuições dos fluxos e perda de precisão à medida em que se diminuem os pontos de origem e destino. Apesar disso, os fluxos totais estiveram em patamares bastante próximos.[13]

Assim, guardando relação com a notação utilizada na Tabela 4.2, 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 4.19 a 4.21, para que fossem obtidos os fluxos dos produtos entre os pólos (T_{ij}^p), que são as variáveis de decisão deste modelo. Ou seja,

$$Min \quad Z = \sum_{p=1}^{4}\sum_{i=1}^{13}\sum_{j=1}^{13} d_{ij} T_{ij}^p \tag{4.18}$$

sujeito às restrições

$$\sum_{j=1}^{13} T_{ij}^p \leq O_i^p, \qquad \text{para todo } i,j \tag{4.19}$$

$$\sum_{i=1}^{13} T_{ij}^p \geq D_j^p, \qquad \text{para todo } i,j \tag{4.20}$$

$$T_{ij}^p \geq 0 \qquad \text{para todo } i,j \tag{4.21}$$

sendo:

Z = função de distância para a alocação do fluxo de grãos e farelo de soja;

d_{ij} = distância rodoviária (em *km*) entre os pólos i e j, por unidade do produto;

O_i^p = excesso de oferta do produto p no pólo i;

D_j^p = excesso de demanda do produto p no pólo 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).

---

[13] 16.584.590 t levantados pelo GEIPOT e 15.776.439 *t* estimados neste estudo, como será apresentado mais detalhadamente à frente (seção 4.3.2).

4.3.1 Produção e consumo de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná em 1995

Para a quantificação da produção de milho, soja e trigo, foram obtidos dados junto à Secretaria de Agricultura e Abatecimento do Estado do Paraná (SEAB-PR). Esses dados referiram-se à produção agrícola municipal, por núcleos regionais da SEAB, que foram agregados de acordo com os respectivos pólos do presente estudo.

Além desses grãos, o farelo de soja passou a ser analisado neste estudo, uma vez que este derivado, oriundo da indústria de esmagamento, tem fluxos bastante significativos no Estado, além do expressivo volume exportado por Paranaguá. Em 1995, foram exportadas 7.126.300 *t* de farelo de soja pelo porto, o que equivale a 72,6% do total do país.

Do total quantificado para produção, tornam-se necessárias algumas adequações. Há que se considerar que algumas proporções da produção efetiva não chegam ao mercado, por perdas, reservas e para produção de sementes. Os dados finais encontram-se na Tabela 4.6.

Sendo assim, foram utilizadas estimativas de perdas para o trigo e a soja feitas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que faz acompanhamento no Estado do Paraná. No caso do trigo, as perdas são estimadas em 7,2%, enquanto para a soja foram descontados 10% de perdas e 0,5% de sementes, esta última informação oriunda do Departamento de Economia Rural (DERAL) da SEAB-PR.

Para o caso do milho, não existe um acompanhamento sistemático no Estado. Por outro lado, Sousa & Marques (1996) descrevem estimativas bastante diferentes e discrepantes sobre as perdas na cultura do milho no Brasil. O presente estudo utilizou-se das estimativas de Monteiro (1990), que considera que 60% do milho produzido no Brasil é comercializado,

enquanto 30% é consumido no próprio meio rural e os restantes 10% referem-se às perdas.

Tabela 4.6 - Produção (em *t*), descontadas as perdas e reservas para sementes, de milho, soja, farelo e trigo no Estado do Paraná, por pólo, em 1995.

Pólo	Milho[1]	Soja[2]	Farelo[3]	Trigo[4]
Curitiba	202.942,5	90.065,6	447.564,2	4483.4
Londrina	477.010,5	515.405,4	481.252,2	139.481.9
Ponta Grossa	765.428,4	580.303,7	952.042,3	110.063,2
Apucarana	170.676,4	88.414,4	76.372,5	16.712,5
Campo Mourão	285.617,8	763.861,1	167.392	158.024
Cascavel	936.442,2	1.283.522,2	361.985,3	209.959
Cornélio Procópio	318.208,2	349.653.6	212.598	137.795,9
Maringá	205.499	836.531,2	4.363.594,8	77.630,8
Paranaguá	627,3	0	209.240,1	238.359
Pato Branco	1.014.643,5	554.361,2	245.857,1	1.078.396
Umuarama	92.702	117.229,8	122.472	12.288.1
Guarapuava	582.048,7	266.553,4	1.360.006,5	24.328,5
Foz do Iguaçu	226.896,1	510.157,1	233.334	1.014.976,8
TOTAL	**5.278.742,6**	**5.956.058,7**	**8.009.711**	**3.222.499,1**

Fontes: 1- SEAB-PR, equivalente a 60% da produção do pólo
2 - SEAB-PR, equivalente a 89,5% da produção do pólo
3 - Capacidade instalada (*t*/dia) da indústria de processamento no Estado, segundo a Coordenadoria de Economia e Estatística da Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (ABIOVE)
4 - SEAB-PR, equivalente a 92,8% da produção do pólo

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 se consegue obter das indústrias processadoras as quantidades utilizadas como insumos. Os dados são apresentados mais detalhadamente no Apêndice 1.

Na falta de informações sobre a utilização de milho pela indústria moageira e pela indústria de rações no Estado do Paraná, de acordo com os pólos do estudo, após consultadas, respectivamente, a Associação da Indústria Moageira de Milho (ABIMILHO), o Sindicato Nacional da Indústria de Rações (SINDIRAÇÕES) e a Associação Nacional dos Fabricantes de Rações (ANFAR), optou-se por estimativas como aproximações do consumo do produto, procedimento também utilizado nos estudos do GEIPOT. Dessa maneira, seguindo estimativas da ABIMILHO, o consumo humano foi tratado como sendo 13% do total produzido no país. A partir desse dado inicial, procedeu-se à quantificação do consumo *per capita*.

Para o cálculo do consumo de milho na forma de alimento animal, partiu-se de sua participação na formulação de rações, segundo ANFAR (1993), ponderando-se pelas taxas de conversão de ração para carcaça, disponíveis em Benvenuto et al. (1994), de acordo com os pesos médios de abate comercial, conforme informações da associação de produtores e técnicos da área, e pelos efetivos de suínos e aves obtidos na Base Pública de Dados do IPARDES, para o ano de 1993, último levantamento do IBGE.

Em se tratando de um produto que o Paraná é significativamente superavitário, considerou-se que os fluxos destinados a outros estados mantiveram o mesmo padrão de pesquisas de origem-destino anteriores do GEIPOT. Isto significa dizer que foi considerado que todo o excedente da produção do Estado foi direcionado às regiões Sudeste e Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, a partir de ponderações observadas em GEIPOT (1994b), de acordo com rotas convencionais de transporte. Para efeitos de contabilização, registrava-se como local do consumo do produto o pólo que constitui-se como fronteira do Estado. Assim, o produto destinado às cidades de São Paulo e Campinas, no Estado de São Paulo, e demais cidades dos Estados Rio de Janeiro, Minas Gerais e região Nordeste foram escoados pela rodovia PR-151, por Ponta Grossa, enquanto a maior parte foi destinada às

cidades do interior de São Paulo, pela BR-376, por Cornélio Procópio, e pela PR-445, por Londrina.

No tratamento do consumo da soja, destinou-se 1.342.114 *t* para exportação pelo Porto de Paranaguá, conforme dados da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA). O diferencial entre a quantidade comercializada, isto é, produzida menos perdas menos exportação, foi destinada à indústria de esmagamento, ponderando-se pelo percentual de capacidade produtiva instalada em cada pólo em relação ao total do Estado, com base em dados da indústria fornecidos pela Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (ABIOVE).

Da soja destinada à indústria de esmagamento, estimou-se em 78,5% o total a ser obtido de farelo, a partir de relação técnica utilizada em GEIPOT (1994b). Desse total, subtraiu-se o volume exportado pelo Porto de Paranaguá, de 7.126.300 *t*, segundo a APPA, sendo o restante destinado ao consumo animal, a partir de ponderações entre o percentual de participação na fabricação de rações e os efetivos de suínos e de aves no Estado, pelo mesmo procedimento utilizado anteriormente para o caso do milho.

Na quantificação do consumo de trigo, partiu-se da informação de Rosa (1997) de que foram processadas 800 mil *t* do produto no Paraná em 1995. Sendo assim, alocou-se o volume comercializado de trigo no Estado entre os moinhos, ponderando-se pelo percentual de capacidade produtiva instalada em cada pólo em relação ao total do Estado, com base em dados da indústria fornecidos pela Associação Brasileira da Indústria de Trigo (ABITRIGO). Os volumes referentes ao excedente de produção recaíram como consumo do pólo Londrina, fronteira do Estado associadas às rotas de transporte do produto que se direciona a outros estado brasileiros.

A Tabela 4.7 especifica o consumo estimado de milho, soja, farelo de soja e trigo, por pólos, no Estado do Paraná em 1995.

Informações associadas ao comércio exterior brasileiro e paraguaio são relevantes no processo de estimativas de fluxos de origem

destino e são também consideradas neste estudo. Primeiramente, a posição competitiva do Porto de Paranaguá faz com que sejam atraídas cargas de outras unidades da Federação e do Paraguai com finalidade de exportação. Assim, agrega-se à produção do pólo mais próximo da fronteira, e reconhecido como rota tradicional de transporte, a carga que adentrar o Paraná. Concomitantemente, os volumes exportados são operacionalizados como consumo do pólo "Paranaguá".

Tabela 4.7 - Consumo (em *t*) de milho, soja, farelo e trigo no Estado do Paraná, por pólo, em 1995.

Pólo	Milho	Soja	Farelo	Trigo
Curitiba	163.365	399.821,9	35.392	323.952,8
Londrina	1.744.531	613.060,2	32.884	1.301.475,1
Ponta Grossa	1.898.369	1.212.792,9	60.748	1.394.278,5
Apucarana	36.326	97.289,9	8.398	14.178,3
Campo Mourão	84.435	213.238,3	28.056	4.296,5
Cascavel	336.751	461.127,9	120.989	107.196,6
Cornélio Procópio	318.249,6	0	28.757	0
Maringá	69.771	863.615,1	17.264	15.252,4
Paranaguá	187.774	1.608.661,9	7.250.007	0
Pato Branco	215.816	313.193,8	354.664	16.326,5
Umuarama	51.791	0	15.003	4726,1
Guarapuava	100.041	173.256,7	33.016	40.816,3
Foz do Iguaçu	71.523	0	23.298	0
TOTAL	**5.278.742,6**	**5.956.058,7**	**8.008.476**	**3.222.499,1**

Fonte: Dados da Pesquisa

Por outro lado, os crescentes volumes de produtos viabilizados pelo MERCOSUL podem ter significativo impacto na infra-estrutura de transportes, como destacado em Resende et al. (1997). No caso dos produtos em questão, considerou-se a importação de trigo da Argentina, com base nos padrões recentes de comércio e projeções (Severo, 1997).

Assim, as quantidades dos produtos que entraram no Estado destinadas ao Porto tiveram a seguinte contabilização, por pólos, de acordo com as rotas de transporte e com a localização geográfica das cidades de origem, com base nas informações da APPA: São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul foram alocadas em Curitiba, chegando pela rodovia BR-116; interior de São Paulo e Goiás, em Cornélio Procópio, pela BR-376; Umuarama recebeu os produtos de algumas cidades do Mato Grosso do Sul, pela BR-467, através da cidade de Guaíra; em Maringá entraram produtos oriundos de cidades do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, pelas rodovias PR-317 e BR-376; e, em Foz do Iguaçu foram incluídas exportações do Paraguai.

No caso de importação, como aconteceu com o trigo, foram contabilizadas a partir de Paranaguá, por via marítima, e de Foz do Iguaçu e Pato Branco, por via rodoviária, pelo fato dessas cidades terem ligações com território argentino e de serem vias de acesso do produto que entra no País pela região Oeste do Rio Grande do Sul. Pelo porto entraram 238.359 *t* importadas pelo Brasil (Brasil, 1997). A partir de informações relativas às quantidades importadas que desembarcaram nos demais portos brasileiros no período, disponíveis em Brasil (1997) e o total importado pelo País, estimou-se que tenham entrado 2 milhões de *t* pelas fronteiras do Paraná, distribuídas igualmente entre os pólos. Considerou-se, então, que este volume é utilizado por moinhos da região Sudeste, principalmente aqueles localizados no Estado de São Paulo, atribuindo-se como consumo em Ponta Grossa.

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 ser absorvidas por aqueles deficitários.

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

Os fluxos dados pelas estimativas das matrizes de origem-destino são apresentados no Apêndice 6. Estimou-se um fluxo total dos produtos de 15.776.439 *t* entre os pólos, o que merece algumas observações. Inicialmente, cabe destacar que os pólos aos quais se direcionaram um volume mais expressivo de grãos e farelos foram aqueles onde se concentra parcela significativa da agroindústria processadora e que também, para efeito desse estudo, referem-se aos pontos de saída do Estado de acordo com as rotas utilizadas, Ponta Grossa e Londrina, com respectivamente, 3,050 e 2,527 milhões de *t,* e ao Porto de Paranaguá, com destino aos mercados externos, com 8,836 milhões de *t.* Com relação à produção, destacam-se os pólos de Ponta Grossa, Campo Mourão, Cascavel, Cornélio Procópio, Pato Branco, Guarapuava e Foz do Iguaçu. 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, 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.

Este agregado de informações clareia a configuração dos fluxos no Estado, no que se refere a milho, soja, trigo e farelo de soja. Em síntese, estes produtos são produzidos nas regiões Norte, Oeste e Sudoeste e absorvidos pelas agroindústrias da região Leste e Norte, por outros estados brasileiros, principalmente aqueles pertencentes às regiões Sudeste, nordeste e Centro-Oeste, e, majoritariamente, pelo Porto de Paranaguá (64% do destino dos fluxos).

No exame detalhado dos fluxos de cada produto isoladamente, é possível identificar alguns aspectos diferenciadores. No caso do milho (Tabela A6.1), estimou-se em 2,8 milhões de *t* a quantidade de produto comercializada e transportada dentro das fronteiras do Paraná. Cerca de 43% da produção paranaense de 1995 foi exportada para outros estados, o que mantém o padrão de outros levantamentos anteriores da CONAB, conforme destacou Sousa & Marques (1996). A maior parte do milho produzido pelo Estado fluiu para os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro por rodovias, e, em menor escala (187.774 *t*), para os Estados do Nordeste brasileiro por cabotagem. Destaca-se a produção nos pólos Pato Branco (Sudoeste) e Cascavel, Campo Mourão e Foz do Iguaçu (Oeste), em ordem decrescente de importância, que representaram em torno de 47% do total estadual. Porém, pode-se destacar também que todos os pólos, excetuando-se Paranaguá, mantiveram um volume de produção bastante significativo, com um mínimo de 150 mil *t*.

Em termos de fluxo de origem-destino, detectou-se uma distribuição diferente entre os principais produtores. Enquanto os pólos do Oeste destinavam o milho para Londrina, para consumo local e como via de acesso ao interior do Estado de São Paulo, o produto originário em Pato Branco alcançava o mesmo destino por Ponta Grossa, abastecendo parte do

Estado de São Paulo, como a cidade de São Paulo e região de Campinas, e demais Estados.

Com a soja e farelo acontece um fluxo significativo em direção contrária à do milho. Registram-se grandes volumes desses produtos originários de outros Estados que são transportados pelo Paraná com o objetivo de exportação pelo Porto de Paranaguá. Basicamente, estes fluxos são oriundos dos Estados das regiões Sudeste (São Paulo e Minas Gerais) e Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal) do Brasil. Os estados da região Sul, também importantes produtores, utilizam-se mais intensivamente dos Portos de Rio Grande (RS) e São Francisco do Sul (SC), enquanto a produção do Nordeste brasileiro tem sido escoada pelo Porto de Madeira (MA).

Com relação à soja, estimou-se que tenha havido transporte de cerca de 3 milhões de *t* no Estado do Paraná em 1995 (Tabela A6.2). A parcela mais significativa de sua oferta no Estado origina-se das regiões Oeste, Sudoeste e Norte. Nas regiões Oeste e Sudoeste, que compreendem os pólos de Cascavel, Campo Mourão, Foz do Iguaçù e Pato Branco, produziu-se mais de 3,1 milhões de *t*, correspondendo a 44,4% do total estadual. Já na região Norte, mais especificamente em Maringá, registram-se grandes quantidades do produto que adentram ao território paranaense com direção ao abastecimento das agroindústrias locais e ao Porto de Paranaguá.

Dessa maneira, a parte oriental do Estado é uma consumidora líquida de soja, seja pela localização da maior parte da agroindústria processadora, seja pelo Porto. Isso é reflexo do consumo da soja ter a seguinte distribuição, de acordo com os pólos: 34% é consumida pelas agroindústrias localizadas em Londrina, Apucarana, Cornélio Procópio e Maringá (Norte); 35% é absorvida pelas agroindústrias de Curitiba e Ponta Grossa (Leste); e 24% é a parcela absorvida pelo Porto de Paranaguá.

Como derivado da soja, o farelo complementa a trajetória de exportação (Tabela A6.3). Os fluxos de farelo no Estado somaram 7,1 milhões

de *t*, que têm como padrão o direcionamento ao Porto de Paranaguá. Estes fluxos têm, basicamente, duas origens: ou representam a produção da indústria de esmagamento de soja ou são produtos internalizados no Estado, oriundos de outras unidades da Federação.

Assim, cerca de 86% do farelo transportado no Estado originou-se na região Norte (67%), cabendo destacar que no pólo de Maringá foi significativo o volume de produto proveniente de outros Estados, e na região Leste (19%).

Quanto ao trigo (Tabela A6.4), estimou-se que foram movimentadas 2.796.343,7 *t* no Paraná em 1995. Cerca de 65,6% do total produzido concentra-se nos pólos Londrina e Cornélio Procópio (Norte) e 63% do consumo dos moinhos localiza-se nos pólos de Curitiba e Ponta Grossa (Leste). Sendo assim, o trigo é produzido basicamente nas regiões Norte (Londrina, Apucarana, Cornélio Procópio e Maringá), Oeste (Cascavel e Campo Mourão) e Sudoeste (Pato Branco) e direciona-se aos moinhos no Leste. Há que se considerar, ainda, as movimentações significativas de trigo importado da Argentina que entra no Brasil pelo Estado do Paraná com direção aos Estados das regiões Sudeste e Centro-Oeste, basicamente.

Em linhas gerais, os fluxos mais significativos de grãos no Estado do Paraná, ou seja, aqueles estabelecidos entre os pólos do Norte, Oeste e Sudoeste e os do Leste, percorrem distâncias entre 270 e 727 *km*. Esta pode ser uma informação importante na aferição da competitividade do transporte ferroviário.

4.5 Projeção para matrizes de origem-destino

Além de avaliar as atuais condições oferecidas pelos sistemas de transporte no Paraná, este estudo visa avaliar possíveis novas linhas ferroviárias. Para esse fim, foi determinado o ano de 2003 como o período futuro a ser avaliado. Esse ano tem sido referência para projeções do

funcionamento futuro dos mercados de *commodities*, ao mesmo tempo em que ofereceria condições de maturação dos investimentos ferroviários.

No entanto, a avaliação da competitividade ferroviária, bem como sua participação em esquemas intermodais futuros envolve o conhecimento dos fluxos projetados.

4.5.1 Técnicas alternativas para estimações de matrizes de origem-destino futuras

Com base numa matriz de origem-destino para um determinado período, é possível analisar situações futuras, no que se 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 viagens (cargas) originados e atraídos para cada zona. Os métodos convencionais consistem de regressões, uso de fatores de expansão e de modelos gravitacionais.

Conforme 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 para um tempo futuro, pressupondo que os determinantes da viagem continuem a ter a mesma importância ao longo do tempo.

Já métodos de fatores de expansão consistem em se obter a matriz projetada ($\hat{T}_{ij}$) com base numa matriz básica (T_{ij}), a partir da aplicação de um determinado fator de expansão (g_{ij}). Genericamente, então, tem-se

$$\hat{T}_{ij} = T_{ij} \cdot g_{ij} \qquad (4.22)$$

Esses métodos estão divididos em algumas categorias básicas, que de acordo com Bruton (1979), 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 na mesma proporção observada na matriz básica. 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.

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 e aqueles iniciais.

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.

Segundo Ortúzar & Willumsen (1995), estes 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. Assim, 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 pode ser utilizado para o conhecimento de fluxos futuros. Alterando-se o fator de impedância e/ou as quantidades produzidas e consumidas, o modelo pode ser útil em análises de projeções.

No entanto, essas técnicas disponíveis para projetar fluxos futuros de grãos e farelo de soja no Paraná não satisfizeram aos interesses desse estudo. O uso dos fatores de expansão e regressões lineares implicou a reprodução ampliada dos fluxos observados em 1995, sem conseguir captar mudanças no comportamento na produção, no consumo e projetadas com vistas às oscilações futuras. Por outro lado, o modelo gravitacional atribuiu fluxos a quase todos os pares de origem-destino, situação que jamais seria validada no mundo real.

Diante dessas dificuldades iniciais, optou-se pela estimação de novas matrizes de origem-destino, seguindo o mesmo modelo operacional apresentado 4.18 a 4.21. Um primeiro passo, então, foi estimar novos valores para produção e consumo nos pólos para o ano de 2003.

4.5.2 Projeção de produção e consumo de milho, soja, trigo e farelo de soja para 2003

Nas estimativas de produção e de consumo, procurou-se captar efeitos de diversas ordens, que não implicasse simplesmente amplificar os dados de 1995, com interesse na incorporação de alguns prováveis impactos. No âmbito da produção, foram avaliados efeitos, tais como a participação do Brasil nos mercados internacionais, a integração regional, fatores associados à competitividade, evolução histórica e possibilidades de expansão de área. Pelo lado do consumo, foram consideradas informações relativas ao consumo humano, industrial, animal e exportação, conforme a relevância desses mercados para os respectivos produtos. Procurou-se validar as projeções frente a estudos técnicos para produtos específicos, enquanto no caso particular dos

impactos do MERCOSUL, as projeções estiveram baseadas em Waquil (1995), Maia et al. (1996), Teixeira & Hooloway (1996) e Perez (1988). Por outro lado, as projeções do GEIPOT para o ano 2000 também foram consideradas (GEIPOT, 1997). As Tabelas 4.8 e 4.9 apresentam as estimativas finais.

Assim, no caso do milho, projetou-se o crescimento da produção de 4,24% a.a. Esta taxa equivale àquela observada no período, segundo Tsunechiro et al. (1996), pressupondo-se que em todos os pólos o incremento seria uniforme. Dessa maneira, o Estado do Paraná estaria produzindo 12.388.515 *t* em 2003, sendo que somente 7.309.223 *t* chegariam ao mercado, prevalecendo as mesmas taxas de desconto para sementes, perdas e consumo no próprio meio rural observados em 1995. No caso do consumo, mantiveram-se as mesmas ponderações usadas nas estimativas para 1995.

Tabela 4.8 - Produção (em *t*) projetada de milho, soja, farelo e trigo no Estado do Paraná, por pólo, para 2003.

Pólo	Milho	Soja	Farelo	Trigo
Curitiba	281.004	194.758	913.614	10.092
Londrina	660.494	731.300	1.039.540	313.983
Ponta Grossa	1.059.852	812.425	2.056.481	247.760
Apucarana	236.327	123.780	164.970	37.621
Campo Mourão	395.481	1.069.405	361.579	355.723
Cascavel	1.296.647	1.796.931	781.915	472.633
Cornélio Procópio	440.607	536.842	520.021	310.188
Maringá	284.545	4.576.387	6.524.247	174.752
Paranaguá	868	0	451.974	922.491
Pato Branco	1.404.929	776.106	531.069	2.176.475
Umuarama	128.360	186.020	215.162	27.661
Guarapuava	805.935	373.174	293.783	54.765
Foz do Iguaçu	314.172	1.049.689	0	2.033.714
TOTAL	**7.309.221**	**12.226.817**	**13.854.355**	**7.137.858**

Fonte: Projeções da pesquisa

No caso do farelo de soja, Roessing (1996) projeta a produção brasileira de 25.580.000 *t* em 2003. Pressupondo-se que a produção cresceria proporcionalmente nos pólos, considerando-se a atual capacidade instalada e de acordo com a participação da capacidade instalada no Estado frente ao Brasil, o Paraná estaria produzindo 7.823.670 *t*, enquanto 12.521.858 *t* seriam exportadas pelo Porto de Paranaguá. O diferencial entre a quantidade exportada e aquela produzida no Estado seria a carga atraída de outros Estados.

No entanto, para se produzir esta quantidade de farelo, o Brasil precisaria disponibilizar internamente 32.585.987 *t* de soja para esmagamento. Isso equivaleria ao aumento de 30% na produção atual. Considerando-se que o Estado produzirá um aumento proporcionalmente igual, estariam sendo colocadas no mercado (produção menos perdas) 7.069.384 *t*, enquanto seriam exportadas 2.260.366 *t* pelo Porto de Paranaguá. A diferença, 5.157.436 *t*, seria suprida por produto oriundo de outros Estados brasileiros.

A estimativa do consumo de trigo em 2003 foi baseada na equação tal como utilizada para projeções em Roessing (1996):

$$d = p + n.g \qquad (4.23)$$

onde

d = crescimento da demanda de trigo;
p = taxa de crescimento da população, equivalente a 1,53% a.a.;
n = elasticidade-renda da demanda, 0,76, conforme Benvenutto et al. (1995);
g = taxa de crescimento da renda *per capita*, de 4,5% a.a.

Considerando-se o consumo nacional de 8,5 milhões em 1995, projetou-se o crescimento de 45% da demanda de trigo, alcançando 12.324.621 *t* em 2003.

Pelo lado da produção, algumas ponderações devem ser feitas. Primeiramente, considerando-se a falta de competitividade do produto nacional frente ao argentino num ambiente de integração econômica com tarifa zero

entre Brasil e Argentina, o fato de que a proteção tarifária extra-MERCOSUL de 10% proporcionaria ganhos de competitividade ao produto brasileiro frente aos demais parceiros comerciais, conforme Rosa (1997), e o teto de 8.000.000 *t* para o produto argentino abastecer o mercado brasileiro, pelas restrições de capacidade produtiva na Argentina, estimou-se que o País poderia produzir 3.474.896 *t*, equivalente a 80% dos restantes 4.324.621 *t* do consumo interno. O Paraná produziria 2.387.254 *t*, mantendo sua participação na produção nacional. Desse volume de importação, continuaria prevalecendo a entrada da metade deste no Estado, pelas rodovias.

Tabela 4.9 - Consumo (em *t*) projetado de milho, soja, farelo e trigo no Estado do Paraná, por pólo, para 2003.

Pólo	Milho	Soja	Farelo	Trigo
Curitiba	226.203	863.644	62.178	523.540
Londrina	2.415.569	1.324.254	57.771	3.068.304
Ponta Grossa	2.628.581	2.619.721	106.723	3.218.284
Apucarana	50.299	210.152	14.754	22.913
Campo Mourão	116.913	460.610	49.289	6.943
Cascavel	466.283	996.070	212.557	173.240
Cornélio Procópio	440.665	0	50.521	0
Maringá	96.608	1.865.471	30.330	24.649
Paranaguá	260.002	2.836.129	12.521.859	0
Pato Branco	298.830	676.521	623.083	26.385
Umuarama	71.712	0	26.357	7.637
Guarapuava	138.522	374.245	58.003	65.963
Foz do Iguaçu	99.034	0	40.930	0
TOTAL	**7.309.221**	**12.226.817**	**13.854.355**	**7.137.858**

Fonte: Projeções da Pesquisa

4.5.3 Matrizes de origem-destino para grãos e farelo de soja projetadas para 2003 no Estado do Paraná

Projetou-se um fluxo de 29,2 milhões de *t* de grãos e farelos de soja no Estado do Paraná para o ano de 2003. Algumas alterações no perfil dos fluxos entre pares origem-destino foram identificadas.

No caso do milho (Tabela A6.5), foi estimado um fluxo de 3.729.903 t no Estado do Paraná para o ano de 2003. Podem ser destacados como pólos de origem, Cascavel, Pato Branco e Guarapuava, como importantes produtores, enquanto Londrina e Ponta Grossa concentram 89% do destino do produto.

Embora os fluxos principais mantivessem o mesmo perfil da distribuição ocorrida para o ano de 1995, alguns novos fluxos foram observados, o que justifica a estimativa de outra matriz de origem-destino para 2003, em vez de utilizar técnicas de projeção, conforme descrito no item 4.4.1. Comparativamente a 1995, os fluxos recebidos por Apucarana deixaram de ter origem em Maringá e passaram a vir de Cornélio Procópio. Por outro lado, Campo Mourão deixou de receber milho de Cascavel, tornando-se auto-suficiente.

No caso da soja, estimou-se que circulariam pelas vias de transporte do Paraná, 6.870.440 *t* do produto (Tabela A6.6). Desse fluxo, destacam-se como pontos de origem do produto a região localizada a Oeste do Estado, mais especificamente os pólos de Campo Mourão, Foz do Iguaçu e Cascavel, que respondem por 38,5% desse total, e o pólo de Maringá, na região Norte, pelas quantidades recebidas de outros estados, com participação equivalente a 39,5%. No que diz respeito a destino, pode-se destacar o fluxo de 2.836.129 *t*, para exportação, direcionado ao Porto de Paranaguá, e as quantidades de 863.644 e 1.807.296 *t* destinadas para a agroindústria processadora de soja nos pólos de Curitiba e Ponta Grossa, respectivamente.

Para efeito de comparação com os fluxos estimados para 1995, algumas modificações podem ser registradas. Mais especificamente, pode-se destacar fluxos com destino a Curitiba, originados em Apucarana e Foz do Iguaçu, Londrina, originados em Apucarana, enquanto Ponta Grossa deixou de receber soja de Campo Mourão.

Os fluxos estimados de farelo totalizaram 12.324.875 *t* (Tabela A6.7). Esses fluxos têm um nítido perfil de exportação, uma vez que cerca de 12 milhões de *t*, quase sua totalidade, destinaram-se ao Porto de Paranaguá. Os maiores fluxos tiveram origem em locais de localização da agroindústria, Londrina, Ponta Grossa e Curitiba, e em pontos de recebimento de produto oriundos de outros estados, como Maringá. Registram-se apenas dois fluxos "novos": Pato Branco passou a receber farelo de Cascavel, em vez de Foz do Iguaçu, como ocorria em 1995, e Foz do Iguaçu, que era auto-suficiente em 1995, começou a receber farelo originário de Cascavel.

No caso do trigo, estimou-se um aumento expressivo do fluxo, num montante de 6.272.404 *t* (Tabela A6.8). Esse aumento reflete a dependência do País frente ao abastecimento pelo produto argentino, dada a insuficiência da produção brasileira explicada pela falta de competitividade nacional nos termos do acordo do MERCOSUL. Sendo assim, 66,7% do fluxo origina-se em Pato Branco e Foz do Iguaçu, locais de conexão entre Brasil e Argentina, com destaque ainda para as quantidades estimadas importadas a serem internalizadas pelo Porto de Paranaguá. Do fluxo total a Ponta Grossa fluiriam 4,1 milhões de *t*, em função deste pólo concentrar a indústria moageira.

No. 70661
USP - ESALQ
DIVISÃO DE BIBLIOTECA
E DOCUMENTAÇÃO

5 RACIONALIZAÇÃO DO TRANSPORTE DE GRÃOS E FARELO DE SOJA NO ESTADO DO PARANÁ

As estimativas dos fluxos de grãos e farelo de soja realizadas no capítulo anterior são uma primeira informação para se construir um instrumental de análise da alocação modal ótima que minimiza os custos de transporte no Paraná, com especial ênfase na contribuição do transporte ferroviário. À essas informações serão agregadas outras, tais como custos de transporte entre regiões, capacidade das modalidades e custos de transbordo.

O resultado esperado é a avaliação da distribuição modal ótima do transporte de milho, soja, trigo e farelo de soja entre as modalidades rodoviária e ferroviária no Estado do Paraná, bem como a evolução desta situação ótima, quando se incorporam alterações na infra-estrutura existente.

Assim, este capítulo está organizado da maneira a seguir. Apresenta-se na seção 5.1 o modelo que operacionalizará a distribuição modal ótima para o transporte dos produtos selecionados no Paraná. Na seção 5.2, são apresentados os valores de frete utilizados no modelo, uma vez que boa parte destes teve de ser estimada, para ambas as modalidades. A seção 5.3 apresenta os resultados obtidos, considerando-se alguns cenários de infra-estrutura de transporte, para 1995 e para 2003. Na seção 5.4, procura-se reunir elementos que foram tidos como sinalizadores para conclusões relativas ao tema em estudo.

5.1 Operacionalização do modelo

A avaliação da modalidade de custo mínimo para o transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná está baseada num modelo de programação linear. Esse modelo tem formulação matemática bastante similar àquele utilizado para estimar os fluxos dos produtos entre os pólos.

O objetivo da utilização desse modelo é a distribuição ótima dos fluxos de produtos entre os pólos de modo que se minimize o custo total de transporte (Z) no Paraná, dadas as restrições 5.2 e 5.3. Para tal, foi utilizado o *software General Algebraic Modeling System* (GAMS) (Brooke et al., 1996), aplicado à seguinte estrutura matemática:

$$Min \quad Z = \sum_{i=1}^{13} \sum_{j=1}^{13} \left[\left(FR_{ij} . TR_{ij} \right) + \left(FF_{ij} . TF_{ij} \right) \right] \tag{5.1}$$

sujeito à

$$TR_{ij} + TF_{ij} = T_{ij}, \qquad \text{para todo } i,j \tag{5.2}$$

$$TF_{ij} \leq C_{ij} \tag{5.3}$$

sendo:

Z = função de custo total de transporte do fluxo de grãos e farelo de soja;
FR_{ij} = frete rodoviário (em US\$/t) entre os pólos i e j;
TR_{ij} = quantidade transportada pela modalidade rodoviária (t) entre os pólos i e j;
FF_{ij} = frete ferroviário (em US\$/t) entre os pólos i e j;
TF_{ij} = quantidade transportada pela modalidade ferroviária (t) entre os pólos i e j;
T_{ij} = fluxos de grãos e farelo de soja com origem em i e destino em j (matrizes O/D estimadas);
C_{ij} = capacidade de tráfego dos produtos nas ferrovias.

A seção 5.2 explicita os valores utilizados para os fretes rodoviários e ferroviários, que foram estimados sem a consideração de possíveis efeitos da concorrência entre as modalidades. Quanto à restrição sobre o transporte ferroviário, esta se reflete a partir de: disponibilidade de material rodante, capacidade dos terminais e capacidade das linhas. A

restrição incorporada no modelo deste estudo disse respeito à capacidade de tráfego nas linhas ferroviárias, sendo que as informações foram obtidas com as empresas operadoras do transporte ferroviário no Estado, a Ferrovia Sul Atlântico (FSA) e a Ferrovia Paraná (FERROPAR), que constam na Tabela 5.1. Não foram consideradas restrições associadas à capacidade de tráfego nas rodovias.

Tabela 5.1 - Capacidade de tráfego ferroviário (*t*/ano) de grãos e farelos no Estado do Paraná, segundo trechos.

Trecho	Quantidade		Capacidade de transporte[1] (em *t* /ano)
	Trens	Vagões	
Londrina-Apucarana	9	54	8.048.160
Maringá-Ponta Grossa	8	74	8.823.168[2]
Cascavel-Guarapuava	4	40	2.649.600
Guarapuva-Ponta Grossa	1	60	993.600
Ponta Grossa-Curitiba	13	74	15.930.720
Curitiba-Paranaguá	16	42	11.128.320

Fonte: Informações obtidas nas empresas FSA e FERROPAR
1- Total referente à consideração do transporte de 46t por vagão, por 360 dias/ano.
2 - Referente a 90% da capacidade de tráfego, que é a participação historicamente observada de grãos e farelos no transporte ferroviário deste trecho.

Assim, nas restrições foram incorporadas estas limitações de capacidade das ferrovias, respeitando-se os fluxos entre os pólos e localização geográfica destes. Desta maneira, de forma geral, as restrições foram:

- Cornélio Procópio/Londrina/Maringá/Apucarana/Paranaguá = 8.823.168 *t*/ano;
- Cascavel/Guarapuava/Ponta Grossa/Curitiba/ Paranaguá = 993.600 *t*/ano;
- Todos os pólos - Paranaguá = 11.128.320 *t*/ano.

5.2 Valores de frete

Conhecendo a infra-estrutura de transporte no Estado do Paraná, identificando e localizando-se os pólos considerados neste estudo, procedeu-se o tratamento dos fretes a serem utilizados. Inicialmente, cabe considerar que o frete foi igual para todos os produtos, tanto em termos do transporte rodoviário quanto para o ferroviário.

Com relação ao transporte ferroviário de grãos e farelos, constatou-se que este ocorre basicamente a partir dos pólos de Maringá, Apucarana, Ponta Grossa e Curitiba para o Porto de Paranaguá. Por isso, alguns tratamentos dos dados relativos aos fretes ferroviários foram necessários.

Nos casos em que efetivamente ocorre transporte ferroviário, os valores do frete da RFFSA são conhecidos. Nessa situação, este estudo baseia-se no frete cobrado no mês de março de 1996. A partir dos seguintes pontos de origem com destino a Paranaguá, esses valores foram: Curitiba, US$5,95/*t*; Maringá, US$17,22/*t*; Ponta Grossa US$9,13/*t*; e Apucarana, US$18,74/*t*.

Porém, nem sempre o preço é conhecido e até mesmo inexistem ligações ferroviárias entre alguns pares de pólos, e em alguns pares, apesar de existirem ligações ferroviárias, não existe fluxo de produtos por tratarem-se de ligações intermediárias de uma rota, como por exemplo Curitiba-Ponta Grossa, que é uma parte da rota Maringá-Paranaguá. Noutra situação, como é o caso dos trechos atendidos pela Ferrovia Paraná Oeste, existe ligação ferroviária, que possivelmente cumprirá importante papel de escoamento de grãos, mas a empresa opera ainda em caráter experimental.

No primeiro caso, em que existem ligações ferroviárias mas inexistem dados de frete, será utilizado o valor de US$0,036759/*t.km*, que se refere à média dos fretes entre os pólos acima delineados. No caso do trecho da

FERROESTE, será usado o valor do frete que consta no projeto de viabilidade econômica da empresa e que foram efetivamente cobrados quando a ferovia começou a operar em 1996. Estes valores são: Cascavel-Paranaguá, US$23,75/*t*, e Cascavel-Ponta Grossa, US$21,00/*t* (FERROESTE, 1990). Naquelas situações onde não houver ligações ferroviárias e que seja de interesse avaliar o potencial de competitividade da modalidade ferroviária de transporte, será utilizado como base do frete o valor de US$0,031879/*t.km*, resultante da relação entre o frete Cascavel-Paranaguá e a respectiva distância, por se tratar da mais recente experiência de construção ferroviária no Estado.

Para se chegar aos valores dos fretes entre todos os pares de pólos, procedeu-se, então, sua estimação. O primeiro passo, nesse sentido, foi estimar a distância a ser percorrida. Para isso, investigou-se a correlação existente entre distâncias ferroviárias e rodoviárias. O coeficiente obtido foi bastante satisfatório, 0,9420197, o que referendou o uso das distâncias rodoviárias como indicativas das ferroviárias.

No próximo passo, observou-se que em média, as ferrovias são 16,85% mais longas que as rodovias. Esse percentual foi tomado como base para o cálculo do frete daqueles trechos que não dispõem de linhas férreas. As distâncias ferroviárias resultantes, efetivas e estimadas, encontram-se no Apêndice 3 e os fretes resultantes estão na Tabela 5.2.

Cabe detalhar o processo de estimativa da distância ferroviária. Priorizou-se a integração do pólo às ligações ferroviárias já existentes. Assim, Foz do Iguaçu integrou-se a FERROESTE em Cascavel e Pato Branco em Guarapuava, e as ligações com o norte e noroeste do Estado interligavam-se à ferrovia Sul Atlântico em Maringá, como são os casos de Umuarama e Campo Mourão, e a partir daí pelas ligações ferroviárias efetivamente existentes.

Tabela 5.2 - Fretes ferrroviários (em US$/*t*) para grãos e farelos entre os pólos no Estado do Paraná.

	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	CSC	COP	MGA	PGA	PBR	UMA	GVA	FIG
CWB	-	19,07	5,55	17,17	23,12	20,12	28,23	19,52	5,95 [a]	15,53	26,60	8,63	25,44
LDR		-	14,08	1,91	14,64	14,09	3,38	4,26	23,26	31,90	10,78	16,40	19,41
PGS			-	12,17	18,19	21,00	15,62	14,59	9,13 [a]	12,15	21,67	7,59	21,65
APC				-	5,65	12,43	5,29	2,35	18,74[a]	21,94	9,11	14,74	17,76
CPO					-	6,78	10,24	3,61	30,53	16,09	4,17	14,69	12,11
CSC						-	17,02	10,39	23,75[b]	9,31	5,40	7,91	5,33
COP							-	7,65	26,65	34,83	13,71	19,59	24,71
MGA								-	17,22[a]	28,20	7,08	12,70	15,72
PGA									-	19,16	24,30	12,27	29,08
PBR										-	14,71	6,89	26,54
UMA											-	13,31	10,73
GVA												-	13,23
FIG													-

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 Procópio (COP), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

a - Valores praticados.

b - Valor que consta no projeto de viabilidade econômica da FERROESTE.

No caso dos fretes rodoviários, utilizou-se dos levantamentos para várias rotas no Estado feitos pela Base de Dados Sistema de Informações de Fretes para Cargas Agrícolas (SIFRECA), do Departamento de Economia e Sociologia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Universidade de São Paulo), para o transporte de milho, soja, farelo de soja e trigo. Os dados utilizados referem-se aos valores de frete praticados no período de março de 1995 a março de 1997, para alguns pares origem-destino (Apêndice 5).

Estimou-se a função linear do frete em relação à distância, forma também utilizada em trabalho de natureza semelhante por Sugai et al., (1994),

$$F_p = \beta_0 + \beta_1 D + U \qquad (5.4)$$

onde:

F_p = valor do frete para grãos e farelo de soja, em US$/$t$;
D = distâncias percorridas (em *km*);
U = termo de erro;

Numa primeira instância, apresenta-se os resultados obtidos na estimação das equações para o estabelecimento do frete rodoviário para grãos e farelo de soja no Estado do Paraná (Tabela 5.3). Os valores estimados para os pares de pólos encontram-se na Tabela 5.4.

Tabela 5.3 - Resultados econométricos para a equação de frete rodoviário para grãos e farelo de soja no Estado do Paraná.

Equação	Frete = 3,38334 + 0,035199 D (12,486)* (54,029)*
R^2	82,6
F	2.919,24*
Nº de obs.	616

Notas:
a - Os valores entre parênteses referem-se ao valor de t_c.
* - Significativo a 1%.

Tabela 5.4 - Fretes rodoviários (em US$/*t*) para grãos e farelos entre os pólos no Estado do Paraná.

	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	CSC	COP	MGA	PGA	PBR	UMA	GVA	FIG
CWB	-	16,72	7,40	16,34	20,17	20,91	18,87	18,45	6,55	18,62	24,96	12,46	25,81
LDR		-	12,99	5,28	10,81	17,22	5,71	7,39	19,89	26,02	14,08	15,21	22,11
PGS			-	12,36	16,16	17,78	14,86	14,44	10,56	15,70	20,95	9,19	21,79
APC				-	8,87	15,28	7,61	5,46	19,50	24,11	12,18	13,31	20,17
CPO					-	9,79	10,28	6,80	23,34	18,59	7,33	10,99	14,82
CSC						-	19,54	13,20	24,08	12,18	8,49	12,18	8,42
COP							-	9,72	22,04	28,34	16,41	17,53	24,43
MGA								-	21,62	30,02	10,07	15,39	18,10
PGA									-	21,44	28,13	15,63	28,97
PBR										-	17,29	9,90	14,86
UMA											-	17,29	13,52
GVA												-	17,08
FIG													-

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 Procópio (COP), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

Dada a ausência de uma série histórica mais abrangente e tendo-se a preocupação em avaliar as evoluções sistemáticas dos fretes no Estado, chama-se a atenção para a necessidade de levantamentos constantes que permitam avaliações futuras de competitividade entre modalidades nas principais rotas do transporte de grãos no Paraná que possam ser efetuadas tanto pelo setor público como pelas empresas privadas demandantes dos serviços de transporte. Esta informação é importante para o funcionamento mais racional do mercado de fretes, pois visa corrigir uma das distorções comuns de mercado, que é a falta de transparência, conforme destacou Bayliss (1996).

5.3 Distribuição ótima entre as modalidades rodoviária e ferroviária no transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná

Algumas situações foram criadas para se avaliar o potencial do transporte ferroviário para grãos e farelo de soja no Estado do Paraná. Foram explorados cenários que dizem respeito aos fluxos estimados para 1995, para serem movimentados dentro da infra-estrutura de transporte existente e considerando-se a expansão proporcionada pela FERROESTE.

Uma outra situação explorada disse respeito aos fluxos futuros, buscando avaliar a funcionalidade da infra-estrutura de transporte e sua racionalização frente ao incremento dos fluxos, com e sem expansão ferroviária no Paraná. Nesse período, acredita-se que seria possível corrigir problemas relacionados à infra-estrutura de transporte, como aqueles associados às modalidades e aos terminais de carga, descarga e transbordo, bem como os que dizem respeito ao material rodante ferroviário, por exemplo. Assim, foram idealizados cenários futuros nos quais há expectativa de que o transporte ferroviário tenha maior flexibilidade para absorver suas falhas

atuais, em virtude da administração empresarial advinda da privatização das ferrovias paranaenses.

Uma análise importante associada à escolha da modalidade que minimiza o custo total de transporte no Estado diz respeito ao custo de oportunidade. Este é um valor monetário que informa que a eventual utilização de uma modalidade preterida pelo modelo implicaria aumento no custo total, para cada tonelada transportada.

Os resultados são apresentados em tabelas no Apêndice 6 e em figuras no texto que ilustram os fluxos.

- ***Situação 1: Distribuição modal ótima com a infra-estrutura disponível em 1995 (Figura 5.1 e Tabela A6.1)***

Nesta situação, objetivou-se determinar a alocação modal ótima dos fluxos estimados, aquela que minimiza os custos totais de transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná, dentro das modalidades de transporte efetivamente disponibilizadas em 1995.

Nenhuma restrição incidente sobre a capacidade de tráfego das ferrovias foi atuante, o que quer dizer que a situação ótima não apontou problemas de capacidade das ferrovias paranaenses, dentro do quadro de quantidades e fretes estimados para 1995.

No trecho Cornélio Procópio-Paranaguá, o modelo atribuiu fluxo apenas à metade da capacidade ferroviária, priorizando o transporte rodoviário nos fluxos originados em Cornélio Procópio e destinados a Ponta Grossa, Curitiba e Paranaguá, e aqueles que vindos de Londrina para Paranaguá. Ao transporte ferroviário de Cornélio Procópio para Ponta Grossa associou-se o custo de oportunidade de US$0,76/$t$, para Curitiba, US$9,30/t e para Paranaguá, US$1,71/$t$. Isto significa dizer que a cada tonelada de produto transportada por esta modalidade implicaria aumentos nos gastos totais com transporte no Estado nos respectivos valores .

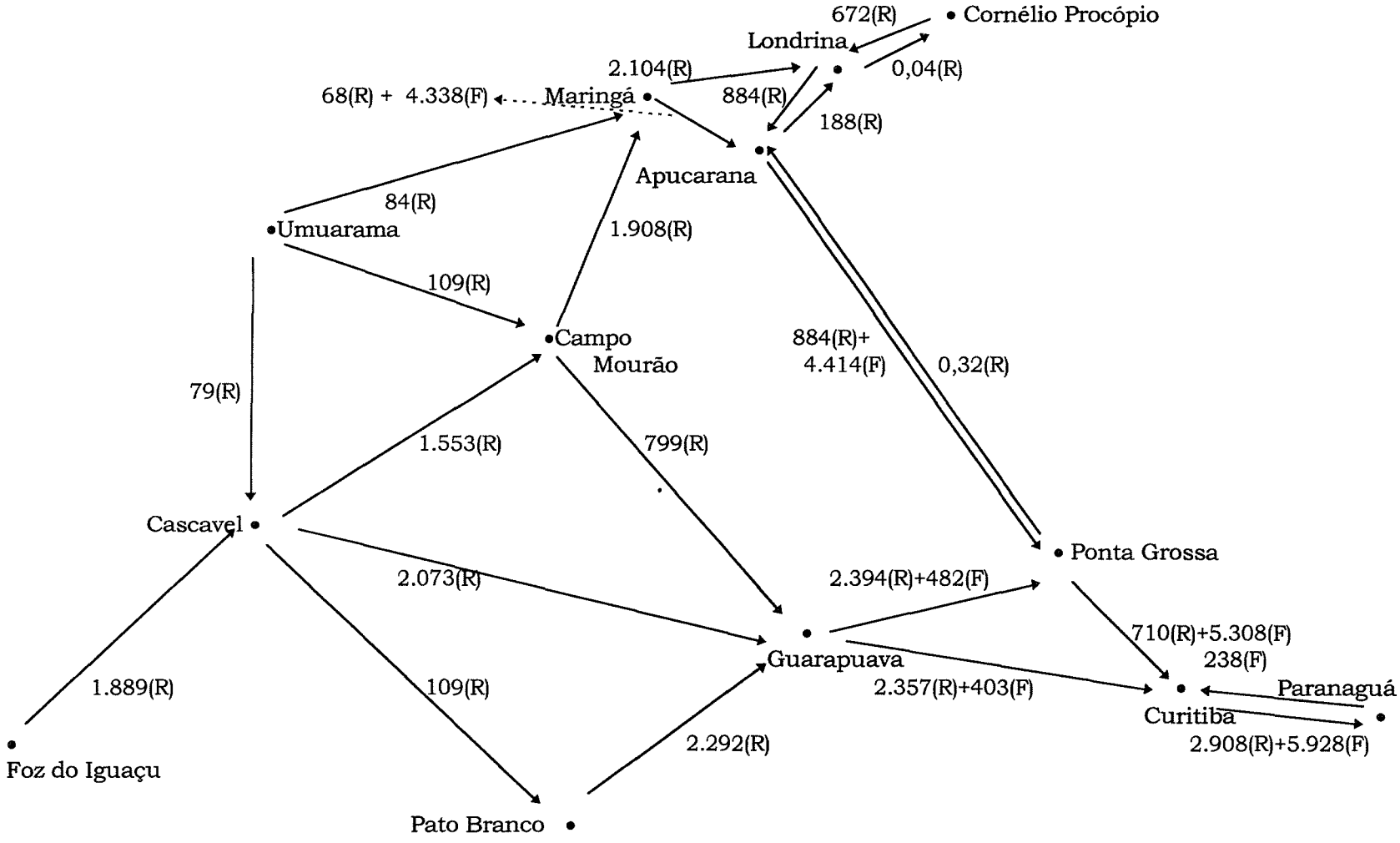


Figura 5.1 - Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*), com a infra-estrutura de transporte disponível em 1995.

Utilizar o transporte ferroviário a partir de Londrina, implicaria ocorrência de custo de oportunidade de US$3,38/*t*. Esta situação alterava-se em favor do transporte ferroviário a partir da equiparação dos fretes associados às diferentes modalidades.

O trecho Guarapuava-Ponta Grossa-Curitiba também apresentou ociosidade de cerca de 11%. Apesar do modelo ter alocado toda a carga agrícola de interesse neste estudo nas ferrovias, isto deve-se ao fato de não haver volume suficiente com origem em Guarapuava e destino a Ponta Grossa, Curitiba e Paranaguá, para esgotar a capacidade disponível.

Por outro lado, o grande fluxo de transporte ferroviário nesta situação estaria concentrado na ligação Maringá/Ponta Grossa-Paranaguá, situação atualmente observada no Estado. Parte significativa deste fluxo ferroviário origina-se em Maringá, como resultado do transbordo de produtos com pontos de origem em outros estados.

Comparativamente ao tráfego efetivamente ocorrido, o modelo sinalizou para o uso mais intensivo do transporte ferroviário como forma de diminuir os custos totais de transporte de grãos e farelo de soja no Paraná. Os resultados implicaram um acréscimo de 27% no volume do transporte ferroviário para os produtos em apreço dentro do Estado, chegando a um aumento de 40% no tráfego ferroviário destinado a Paranaguá.

- ***Situação 2: Distribuição modal ótima, considerando-se que a FERROESTE estivesse operando em 1995 (Figura 5.2 e Tabela A6.2)***

Quando se considera a FERROESTE operando em 1995, observa-se pouca diferenciação em relação à situação em que esta ferrovia inexistia, expressa pela redução de custo de 0,014%. O aumento da quantidade do transporte ferroviário deveu-se exclusivamente ao

preenchimento da capacidade da alternativa ferroviária, passando a ocorrer o transporte de 109 mil *t* de Cascavel com destino a Paranaguá.

Assim, a restrição da capacidade da ferrovia passou a ser atuante, de forma que seu aumento em 1 *t* provocaria redução do custo total em US$0,33/*t*. Por outro lado, enquanto o frete ferroviário Cascavel-Paranaguá esteve cotado entre um mínimo de US$22,48/*t* e um máximo de US$24,08/*t*, a distribuição modal não se alterou (Tabela 5.5). Além disso, através de análise de sensibilidade de valores de frete, pôde-se constatar que toda a capacidade da FERROESTE estaria preenchida com fluxos originados em Cascavel apenas se o frete Cascavel-Paranaguá estivesse num patamar de US$20,25/*t*, *ceteris paribus*.

Tabela 5.5 - Valores mínimos e máximos (em US$/*t*) dos fretes rodoviário (R) e ferroviário (F) que garantem a estabilidade da solução ótima para a Situação 2.

Trecho	Mod.	Mínimo	Máximo
Cascavel-Paranaguá	R	23,75	25,35
	F	22,48	24,08
Guarapuava-Curitiba	R	8,96	-
	F	0	12,13
Guarapuava-Ponta Grossa	R	7,92	-
	F	0	8,86
Guarapuava-Paranaguá	R	12,60	-
	F	0	15,30

Fonte: Resultados da pesquisa

Na situação ótima, sinalizou-se para que não houvesse transporte rodoviário em alguns fluxos originados em Guarapuava. Sua ocorrência implicaria aumentos nos custos totais de US$3,50/*t*, para fluxos com destino a Curitiba; US$1,27/*t* para fluxos de Ponta Grossa; e US$3,03/*t* para fluxos com destino a Paranaguá.

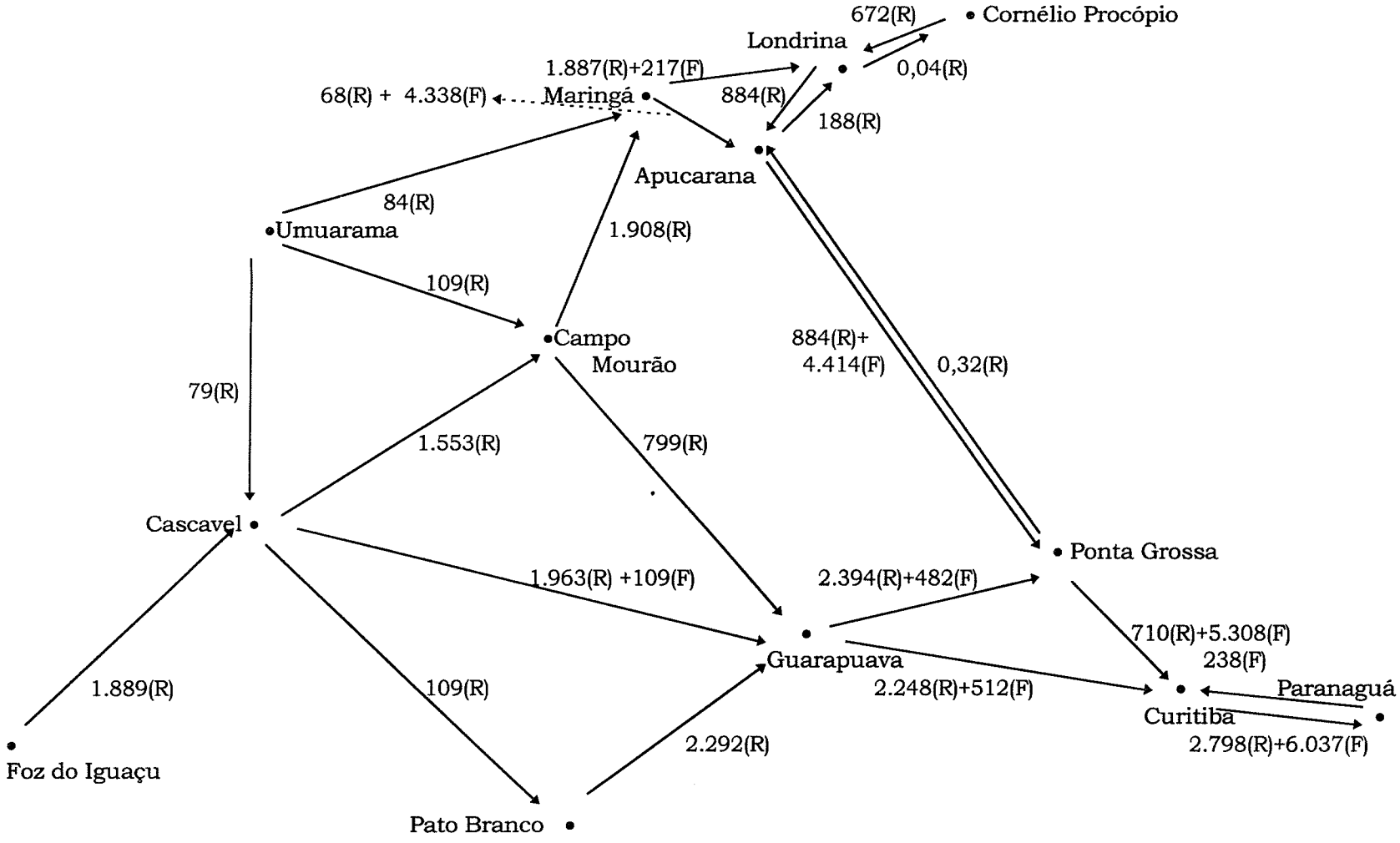


Figura 5.2 - Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*), considerando-se que a FERROESTE estivesse operando em 1995.

- ***Situação 3: Distribuição modal ótima, considerando-se que a FERROESTE estivesse operando em 1995, com correção do estrangulamento a partir de Guarapuava (Figura 5.3 e Tabela A6.3)***

Atualmente, a FERROESTE conta com um estrangulamento bastante significativo. No trecho Cascavel-Guarapuava existe capacidade de tráfego de 2.649.600 *t*/ano, enquanto no próximo segmento, Guarapuava-Ponta Grossa (Estação Engenheiro Gutierrez), esta capacidade cai para 993.600 *t*/ano. Esse estrangulamento é crítico para a utilização do transporte ferroviário e a relevância de sua correção foi destacada nos anos 70, pelo estudo de Wright (1980), que acenou para a reconstrução do trecho ou mesmo para a construção de nova linha.

Dessa maneira, explorou-se uma situação em que este estrangulamento estivesse corrigido, mantendo a capacidade de toda extensão (Cascavel-Guarapuava-Ponta Grossa-Curitiba-Paranaguá) em 2.649.600 *t*/ano. Essa correção implicou redução no custo total de transporte no Estado de 0,12%, equivalendo esta diferença a US$314.830,83.

A restrição referente ao trecho acima não foi atuante, ficando com uma "folga" de 702 mil *t*/ano. O aumento da capacidade não alterou a distribuição dos fluxos com origem em Guarapuava, apenas a realocação modal para o transporte ferroviário de 954 mil *t*/ano originárias em Cascavel, passando por essa modalidade o volume total com origem nesse pólo.

- ***Situação 4: Distribuição modal ótima, considerando-se a FERROESTE como a única expansão ferroviária para 2003 (Figura 5.4 e Tabela A6.4)***

Para 2003, considerou-se uma realidade em que não houvesse outra expansão das ferrovias no Paraná além da FERROESTE.

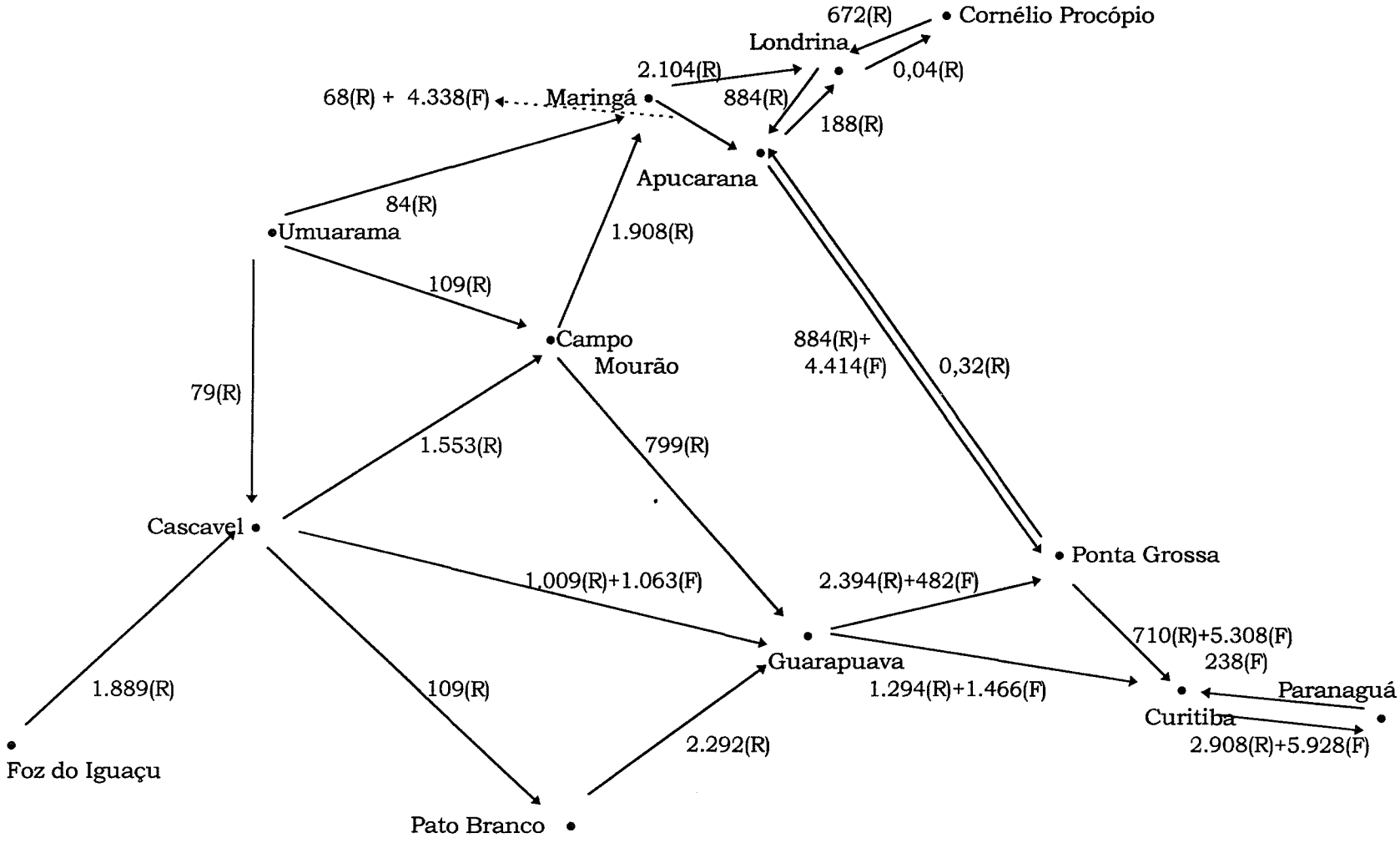


Figura 5.3 - Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*), considerando-se que a FERROESTE estivesse em operando em 1995 e que não existisse o estrangulamento a partir de Guarapuava.

Nesta situação, cabe destacar que as simulações de correção ou não do estrangulamento a partir de Guarapuava produziram exatamente os mesmos resultados em termos de alocação modal ótima, no que diz respeito a origem e destino dos fluxos.

Dos resultados, cabem alguns comentários. Por um lado, apenas a restrição referente ao trecho Curitiba-Paranaguá foi atuante, sinalizando que para cada aumento de 1 *t* em sua capacidade provocaria redução de US$0,60 nos gastos com transporte no Paraná.

O trecho a partir do Norte do Estado, compreendendo os pólos Cornélio Procópio, Londrina, Maringá e Apucarana, registrou folga de cerca de 438 mil *t*. A ocorrência do transporte ferroviário com origem em Cornélio Procópio e destino a Paranaguá implicava custo de oportunidade de US$2,31/*t*. De Londrina para o mesmo destino, este custo equivalia a US$3,97/*t*, e de Maringá para Ponta Grossa, US$0,15/*t*. Os fretes que provocaram alocação do total de carga para o modal ferroviário foram, respectivamente, US$21,43/*t*, US$19,28/*t* e US$14,43/*t*, cada qual analisado isoladamente. A estes valores, o modelo atribuía carga o suficiente para preencher a capacidade do trecho ferroviário, sem prejudicar os fluxos anteriormente sinalizados. Por outro lado, quando destinados a Paranaguá, a alocação destes fluxos pelo modal ferroviário implicava realocação para as rodovias de quantidades da mesma magnitude a partir de Curitiba para o mesmo destino.

Por outro lado, à FERROESTE não foi alocado fluxo. A utilização da capacidade máxima no trecho Curitiba-Paranaguá prioriza os fluxos a partir de Ponta Grossa, incrementados pelo tráfego do Norte do Estado, o que implica o uso do transporte ferroviário no trecho Ponta Grossa-Guarapuava-Cascavel apenas para os pontos de origem em Guarapuava. A utilização do transporte pelo trecho ferroviário Cascavel-Guarapuava com destino a Paranaguá implicaria custo de oportunidade de US$0,27/*t*.

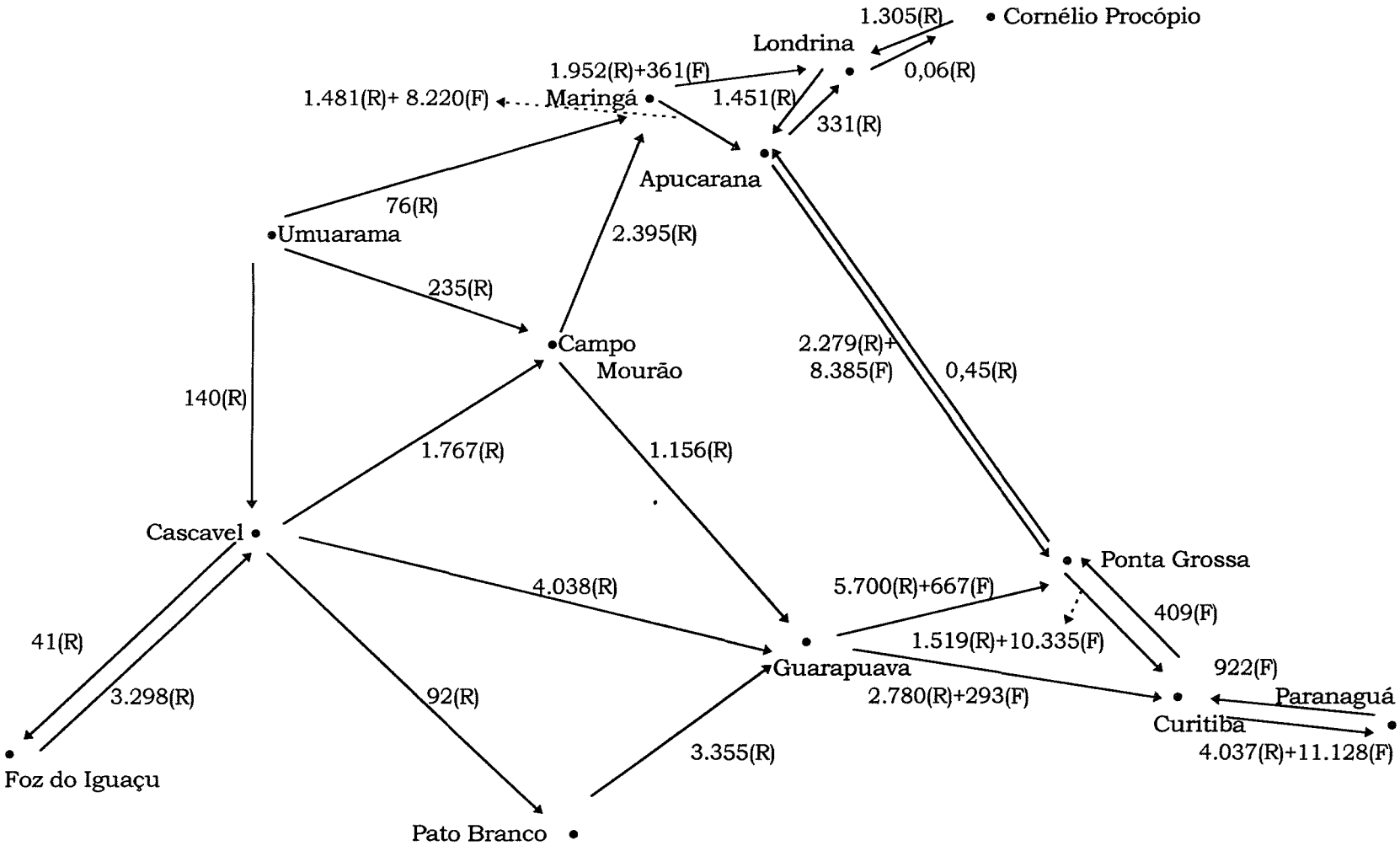


Figura 5.4 - Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*) para 2003, considerando-se a FERROESTE como única expansão ferroviária, com ou sem correção do gargalo a partir de Guarapuava.

Na Tabela 5.6 pode-se identificar os intervalos relativos aos fretes rodoviário e ferroviário dentro dos quais estes resultados persistem.

Tabela 5.6 - Valores mínimos e máximos (em US$/*t*) dos fretes rodoviário (R) e do ferroviário (F) que garantem a estabilidade da solução ótima na Situação 4.

Trecho	Mod.	Mínimo	Máximo
Cascavel-Paranaguá	R	0	25,35
	F	22,48	-
Guarapuava-Curitiba	R	10,23	-
	F	0	10,86
Guarapuava-Ponta Grossa	R	7,92	10,95
	F	5,83	8,86
Guarapuava-Paranaguá	R	13,87	-
	F	0	14,03

Fonte: Resultados da pesquisa

Para um valor do frete ferroviário entre Cascavel e Paranaguá de US$23,47/*t*, o modelo passa a alocar tráfego na FERROESTE. A este patamar, aloca-se a quantidade de cerca de 30 mil *t*, apenas o necessário para a utilização plena da capacidade desta ferrovia, implicando redução em igual montante do transporte ferroviário com origem em Curitiba e destinado a Paranaguá.

Quando se estabelece esse frete a US$20,72/*t*, passa a ser mais econômico utilizar toda a capacidade do trecho Ponta Grossa-Guarapuava-Cascavel, com volumes com ponto de origem em Cascavel. Isso equivale à não ocorrência de embarques em Guarapuava. Este valor representaria uma queda de 12,8% no frete ferroviário e estaria 14% abaixo do rodoviário. Este patamar estaria implicando menor utilização da linha ferroviária a partir do Norte do Estado, pela redução da utilização dos embarques em Ponta Grossa e eliminação do transporte ferroviário com origem em Apucarana, dada a restrição de capacidade da única via de acesso

ferroviário ao Porto de Paranaguá, obrigatoriamente por Curitiba. O aumento da capacidade de 1 t neste trecho implicaria redução de US$1,43 nos custos totais de transporte no Estado.

Por sua vez, havendo aumento de capacidade no trecho, o estabelecimento do frete a US$23,47/$t$ implicaria a alocação da carga total com origem em Cascavel, sem prejuízo dos embarques em Guarapuava. Os demais efeitos persistiram.

- ***Situação 5: Distribuição modal ótima, considerando-se várias alternativas de expansão ferroviária para 2003 (Figura 5.5 e Tabela A6.5)***

Uma outra situação explorada foi aquela que dizia respeito à possibilidade de expansão de ramais ferroviários, conforme detalhado na seção anterior, quando se referiu à estimação de fretes ferroviários em trechos atualmente inexistentes.

Inicialmente, foram investigadas hipóteses alternativas de traçado para integrar o pólo Umuarama à malha ferrovária. Esta análise deve-se ao fato de existirem historicamente dois projetos, os quais podem integrar o pólo ao porto de Paranaguá. Nos anos 40, a empresa Estrada de Ferro São Paulo-Paraná objetivava ligar Guaíra-Londrina-Ourinhos (SP). Esse projeto concretizou-se de Ourinhos a Cianorte, a 163 *km* de Guaíra. Nesse projeto, o acesso ao porto dar-se-ia a partir de Maringá. Em outro projeto, nos anos 70, a Companhia Vale do Rio Doce projetou uma ferrovia unindo Guarapuava-Guaíra, procurando chegar até o Estado de Mato Grosso, o que foi incorporado no projeto da FERROESTE e atualmente abandonado pelo Governo do Paraná.

Essa investigação justifica-se pela posição estratégica de Guaíra, cidade componente do pólo Umuarama, na infra-estrutura de transporte do Estado. A consideração do término da Ponte sobre o Rio Paraná, em Guaíra, pode trazer algumas alterações importantes nos fluxos de grãos e

farelos de outros Estados com destino ao Porto de Paranaguá. A obra foi inaugurada em janeiro de 1998 e deverá implicar agilidade e redução no custo de transporte de produtos oriundos de algumas cidades do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, podendo refletir em desvio de produtos que antes entravam no Paraná por Maringá, por via rodoviária. Inclusive em Guaíra projeta-se um terminal intermodal de cargas da Hidrovia Tietê-Paraná.

Assim, foram estimados modelos contemplando fretes Guaíra-Paranaguá, para se determinar o melhor trajeto. Os fretes estimados seguiram os mesmos procedimentos adotados anteriormente e foram: US$29,40/*t*, o rodoviário, e o ferroviário US$29,20/*t*, via Cascavel, e US$28,61/*t*, via Maringá. A estes valores, apenas houve alocação de fluxo ferroviário para o trajeto por Maringá, mesmo considerando-se a correção do estrangulamento entre Guarapuava e Ponta Grossa.

Passou-se então a analisar o transporte ferroviário a partir de Umuarama, considerando-se a construção do ramal até Cianorte, e daí integrando-se à RFFSA em Maringá. Além do mais, com esta escolha, eventuais desvios de trajeto de Maringá para Guaíra de produtos oriundos de outros Estados entrando no Paraná, não implicariam alterações sobre as restrições de tráfego ferroviário entre Maringá-Paranaguá.

Todas as restrições foram atuantes, o que significou utilização plena da capacidade de transporte ferroviário no Estado. A carga de Umuarama para Paranaguá implicou utilização da capacidade total do trecho ferroviário Maringá-Ponta Grossa, provocando realocação modal parcial para o transporte rodoviário para o par de origem-destino Apucarana-Paranaguá, antes não utilizado, e para Curitiba-Paranaguá.

O modelo sinalizou para a não utilização de transporte ferroviário na FERROESTE entre Cascavel e Guarapuava. Toda a capacidade do trecho Ponta Grossa-Guarapuava-Cascavel foi usada com o transporte entre Pato Branco e Ponta Grossa e entre Guarapuava-Curitiba.

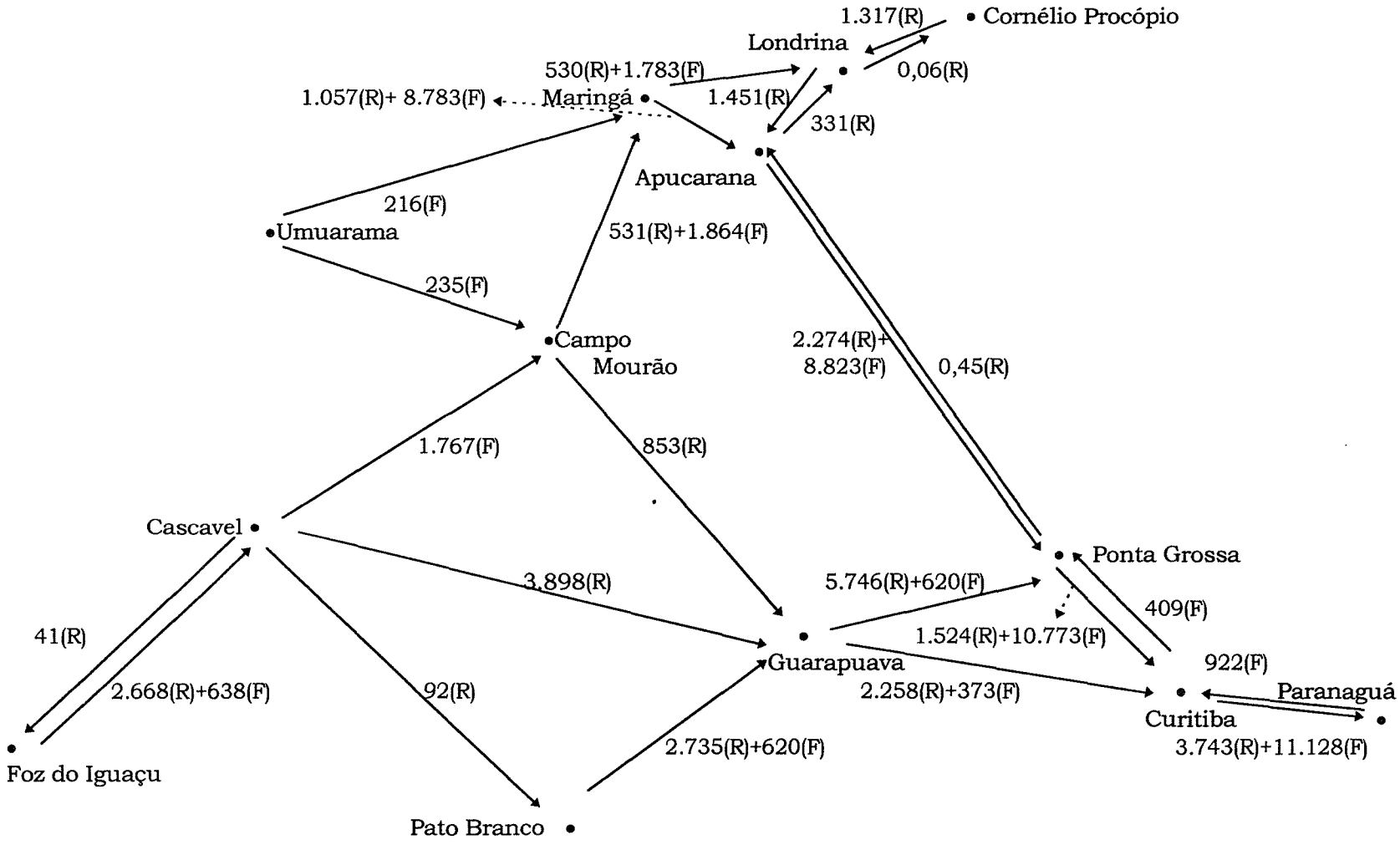


Figura 5.5 - Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*) para 2003, considerando-se possíveis novos ramais ferroviários, sem correção do gargalo a partir de Guarapuava.

Ou seja, concebida para ser um instrumento de redução do preço de exportáveis, futuramente, essa ferrovia pode significar um fator de atração bastante baixo para movimentação de grãos ao Porto. A ocorrência de transporte ferroviário entre Cascavel e Paranaguá estaria implicando custo de oportunidade de US$3,82/*t*.

Com relação aos novos ramais ferroviários explorados, apenas Campo Mourão-Guarapuava não teve alocação de fluxo. Nos demais, sempre se alocou a totalidade dos fluxos para o transporte ferroviário, chamando-se atenção para a importância dos fluxos de produtos exportados por Paranaguá, originados em Campo Mourão e Umuarama, ter disponiblizado uma alternativa que minimiza o custo total de transporte de grãos e farelo de soja no Paraná, e para os volumosos fluxos que se direcionam ao Norte do Estado originados em Foz do Iguaçu e Cascavel.

Por outro lado, as ligações ferroviárias Cascavel-Pato Branco e Umuarama-Campo Mourão podem não ser economicamente viáveis. Apesar dos fretes ferroviários competitivos, apresentam um volume de tráfego que pode não viabilizar financeiramente o empreendimento.

- ***Situação 6: Distribuição modal ótima, considerando-se várias alternativas de expansão ferroviária para 2003, com correção do estrangulamento a partir de Guarapuava (Figura 5.6 e Tabela A6.6)***

A correção do estrangulamento a partir de Guarapuava reproduziu os mesmos valores para as restrições. No entanto, todo o aumento de capacidade do trecho Guarapuava-Curitiba/Ponta Grossa foi canalizado para o aumento do transporte ferroviário originado em Pato Branco e destinado a Ponta Grossa.

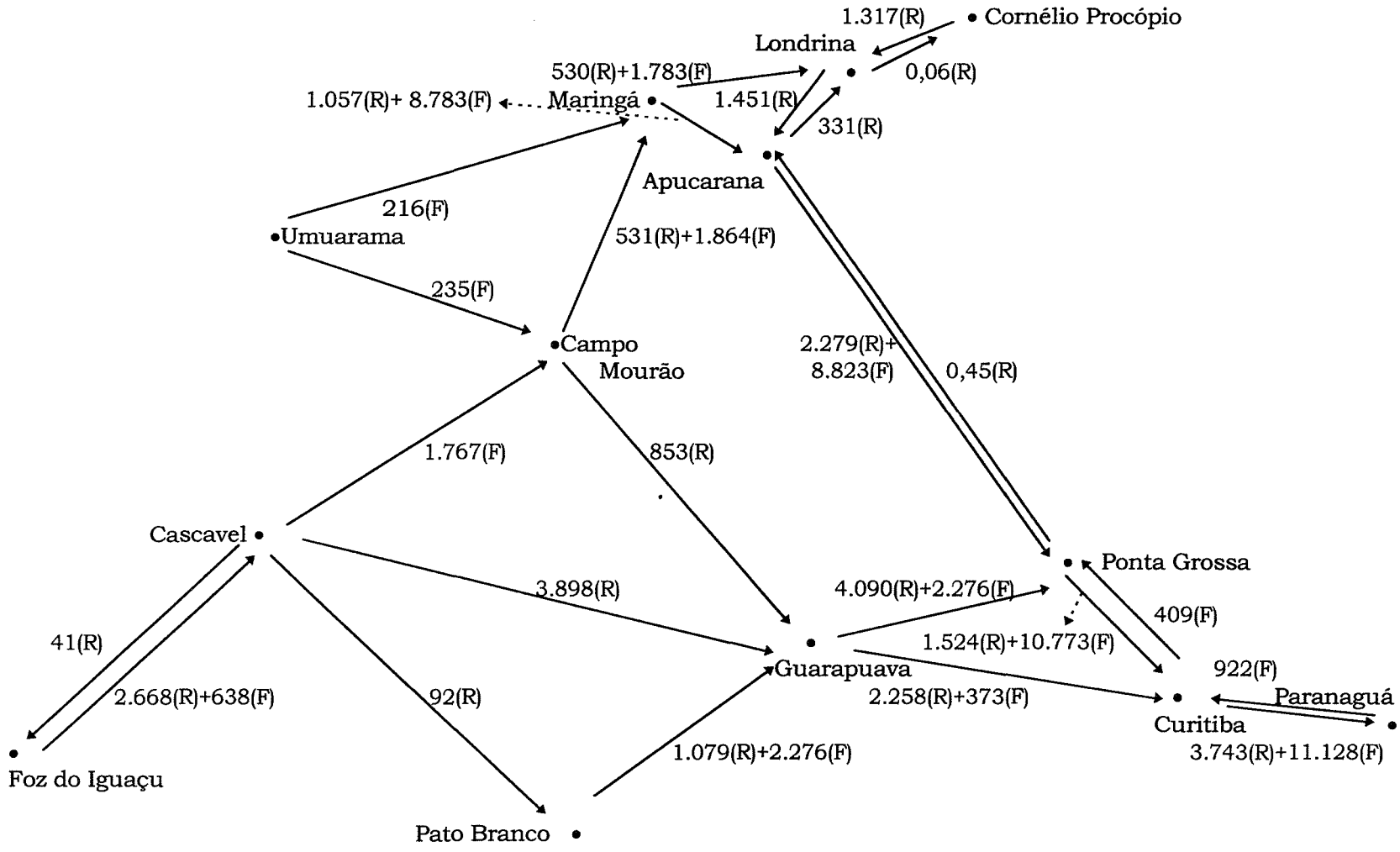


Figura 5.6 - Ilustração da distribuição ótima, entre as modalidades rodoviária (R) e ferroviária (F), dos fluxos estimados de grãos e farelo de soja no Paraná (em milhares de *t*) para 2003, considerando-se possíveis novos ramais ferroviários, com correção do gargalo a partir de Guarapuava.

Simulou-se, ainda, ausência de ramal ferroviário unindo Guarapuava-Pato Branco. O resultado ótimo sinalizou para que o total das quantidades originadas em Guarapuava e destinadas a Curitiba, Ponta Grossa e Paranaguá utilizem a modalidade ferroviária, enquanto a ociosidade da capacidade foi preenchida com fluxos originados em Foz do Iguaçu, com destino a Curitiba e Ponta Grossa.

5.4 Considerações finais

Neste capítulo, objetivou-se avaliar a alocação modal que minimiza os custos totais incorridos no transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná, com interesse especial na contribuição do transporte ferroviário dentro de diversos cenários. Foram evidenciados problemas relacionados à competitividade do transporte ferroviário para trechos já existentes e alguns novos.

Um primeiro ponto a se destacar está associado à FERROESTE. Essa ferrovia, tida como uma solução no barateamento da produção agrícola das regiões produtoras a Oeste e Sudoeste do Estado, só teve utilização nas folgas deixadas por volumes originados em Guarapuava e destinados a Ponta Grossa, Curitiba e Paranaguá.

Quando se tratou de extensões da FERROESTE, o problema persistiu. Com ramais para Foz do Iguaçu e Guaíra, a ferrovia apenas seria utilizada no trecho Foz do Iguaçu-Cascavel caso fosse corrigido o estrangulamento após Guarapuava, ficando totalmente ociosa nos trechos Guaíra-Cascavel e Guarapuava-Cascavel. Observou-se, porém, que o transporte ferroviário com origem em Guaíra, tinha alocação de fluxo na ligação Guaíra-Cianorte-Maringá-Ponta Grossa.

Ainda, tratando-se do caso da FERROESTE, esta tem situação piorada quando se explorou a eventualidade de um ramal ferroviário entre Guarapuava e Pato Branco. Os volumes originados em Pato Branco e

destinados a Ponta Grossa, somado-se àqueles que tinham origem em Guarapuava e destinados a Curitiba, preenchiam a capacidade da ferrovia.

Por outro lado, este estudo evidenciou a competitividade do transporte ferroviário na ligação Foz do Iguaçu-Cascavel-Campo Mourão-Maringá. Apresentou-se a perspectiva de que estas linhas pudessem satisfazer uma demanda anual de cerca de 2 milhões de *t* de grãos e farelo de soja para 2003. Esses produtos têm o papel de suprimento do mercado interno brasileiro, seja por produtos produzidos nos pólos paranaenses, seja por produtos argentinos importados que chegam ao País por Foz do Iguaçu. Destaque-se, ainda, que esse produtos poderiam prosseguir até mais ao interior do País sem a obrigatoriedade de transbordo para o modal rodoviário, dada a integração ferroviária existente com o Estado de São Paulo.

Quanto à matriz de transporte para grãos e farelo de soja no Estado do Paraná, pode-se dizer que ela pode ser significativamente modificada pelo incremento na utilização do transporte ferroviário (Figura 5.7).

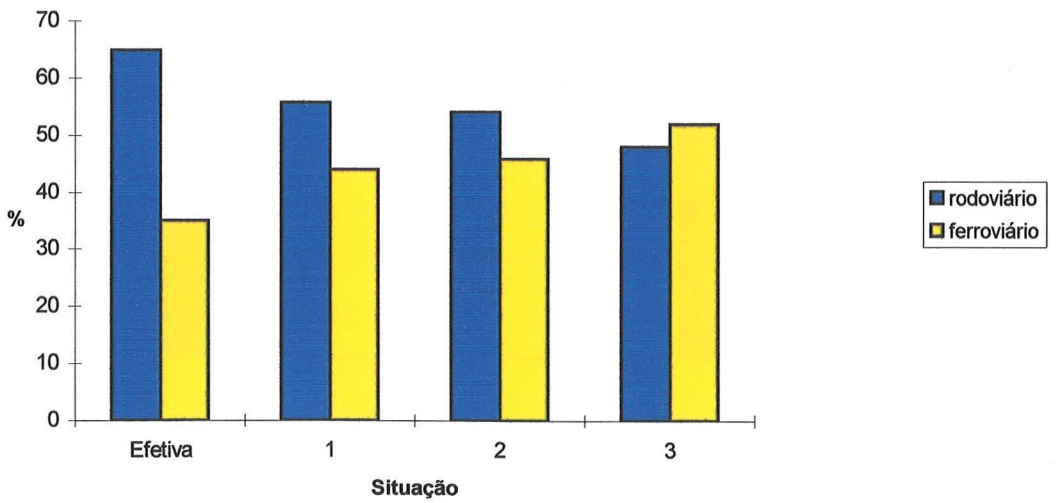


Figura 5.7 - Matriz de transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná para 1995, segundo algumas alternativas

Partindo-se de uma situação efetivamente observada em 1995, quando as ferrovias responsabilizaram-se por 35,07% do total transportado dos produtos em apreço, este percentual poderia atingir 44 pontos, somente pela distribuição modal que racionaliza o uso da infra-estrutura de transporte existente (Situação 1).

Estando em operação, a FERROESTE poderia contribuir para a maior racionalização do transporte no Paraná. Porém, o estrangulamento após Guarapuava compromete esta contribuição (Situação 2). Uma vez corrigido esse estrangulamento, a movimentação de grãos e farelo de soja, em termos ótimos, poderia ser feita majoritariamente por ferrovia (Situação 3).

Procurando avaliar a satisfação da demanda futura referente à infra-estrutura de transporte no Estado, foram simuladas situações relativas ao sistema ferroviário paranaense (Figura 5.8). Foi, então, simulada uma situação em que não houvesse nova ferrovia além da FERROESTE e situações em que ocorresse a criação de novas ferrovias.

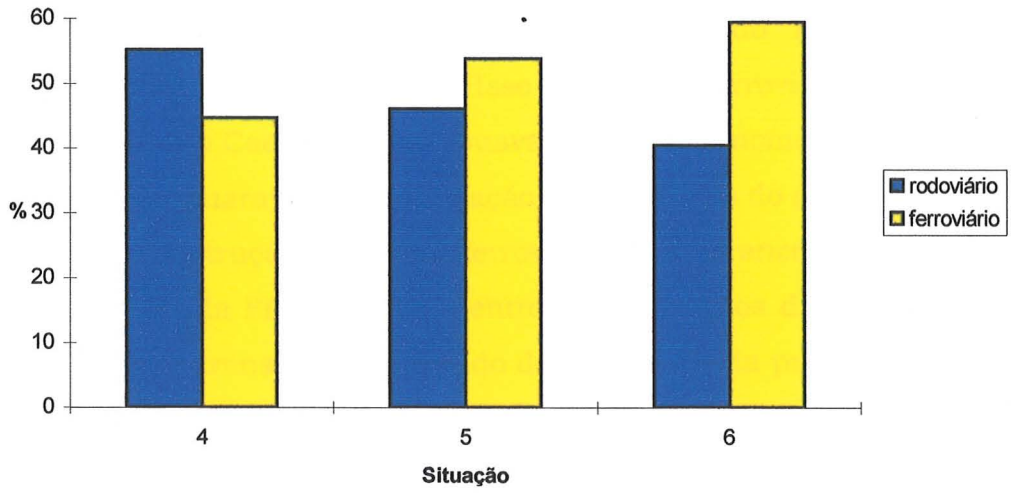


Figura 5.8 - Matriz de transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná para 2003, segundo algumas alternativas.

No primeiro caso, a matriz de transporte foi indiferente à correção ou não do estrangulamento da ferrovia, sinalizando para a movimentação de 44,80% do volume total dos produtos (Situação 4).

O transporte ferroviário voltou a ter participação majoritária na matriz de transporte quando deixou que a escolha ótima se pautasse no menor frete, independentemente da existência ou não de ferrovia nas ligações entre os pólos, respeitando-se suas restrições de capacidade. A movimentação dos produtos por ferrovias poderia atingir 53,8%, e chegar a 59,5%, caso o estrangulamento da ferrovia a partir de Guarapuava fosse corrigido.

A Figura 5.9 apresenta a malha ferroviária no Estado do Paraná com a identificação dos possíveis novos ramais.

Em linhas gerais, demonstrou-se até este ponto que:

1. a correção do estrangulamento a partir de Guarapuava pode contribuir positivamente para equilibrar a matriz de transporte para grãos e farelo de soja no Paraná;
2. os fretes que constam no projeto de viabilidade econômica da FERROESTE podem ser incompatíveis com a atual realidade do mercado de fretes rodoviários no Paraná, pelo menos. Isso impeliu à ferrovia uma situação de utilização no trecho Cascavel-Guarapuava apenas em momentos de excesso de capacidade após Guarapuava, em relação às demandas do mercado;
3. a eventual construção do ramal ferroviário Pato Branco-Guarapuava pode inviabilizar o uso da FERROESTE, dentro dos princípios de racionalização da infra-estrutura de transporte no Estado do Paraná. Seria preciso estudar outro traçado que integrasse um ramal de Pato Branco após Ponta Grossa, possivelmente, integrando-se a RFFSA em União da Vitória;

estudos de engenharia podem consubstanciar algumas linhas ferroviárias utilizadas neste estudo, como o traçado escolhido que integra Guaíra à RFFSA em Maringá, e não à FERROESTE em Cascavel, e a ferrovia unindo Foz do Iguaçu-Cascavel-Campo Mourão-Maringá.

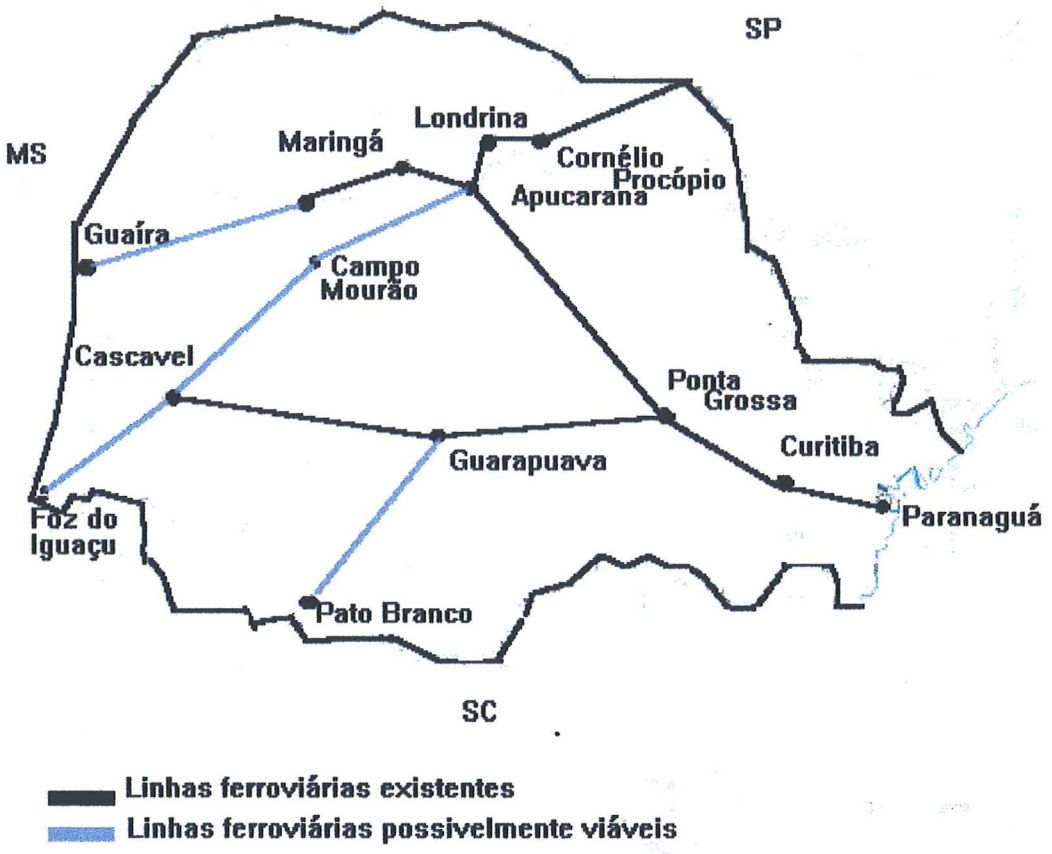


Figura 5.9 - Linhas ferroviárias existentes e outras possivelmente viáveis no Estado do Paraná.

6 TRANSPORTE FERROVIÁRIO NA INTERMODALIDADE NO ESTADO DO PARANÁ

Além do interesse na distribuição ótima entre as modalidades de transporte e sua evolução em diferentes cenários de produção e consumo, torna-se útil também avaliar a expansão ferroviária dentro do sistema de transporte, cumprindo sua parcela numa integração intermodal. A importância da análise desta natureza está consubstanciada na perspectiva mais ampla que tem norteado o planejamento de transportes das nações, de redução de custos em busca da competitividade nos mercados internacionais, conforme destacado anteriormente na seção 2.2.3 deste estudo, bem como em aspectos inerentes às recentes alterações no quadro da infra-estrutura de transporte no Estado do Paraná, como o término da construção da ponte sobre o Rio Paraná, o terminal intermodal em Guaíra, integrando o Estado à Hidrovia Tietê-Paraná, e a possibilidade de implantação de porto seco nas cidades de Cascavel e Maringá.

Assim, na seção 6.1 apresenta-se o tratamento do problema de transbordo, destacando o modelo operacional e as informações utilizadas para a análise, enquanto na seção 6.2 são explorados os resultados da análise da intermodalidade no Estado do Paraná para o transporte de grãos e farelo de soja, a partir da seleção de algumas rotas, diferenciadas entre fins de exportação e de abastecimento interno.

6.1 O problema do transbordo

A permanente busca pela redução dos custos de distribuição dos produtos e as longas distâncias comumente percorridas sinalizam para a viabilidade da utilização de mais de uma modalidade de transporte entre a origem e o destino das mercadorias. A complementação entre as modalidades de transporte envolvidas num sistema intermodal envolverá atividades de transbordo, isto é, recursos humanos e equipamentos para transferir as mercadorias de um meio de transporte para outro.

A atividade de transporte intermodal pode apresentar alguns aspectos socialmente desejáveis. A utilização das modalidades de transporte naqueles trechos em que cada uma delas demonstra maior viabilidade pode ser um importante elemento de redução de congestionamentos e de consumo de combustíveis, com efeitos bastante interessantes sobre os níveis de poluição e de qualidade de vida.

Segundo Novaes (1978), a formulação do problema de transbordo é bastante parecida com o problema clássico de transporte, já exposta e utilizada neste estudo. A diferença básica é que regiões produtoras e consumidoras também possam participar com relevantes volumes relativos às atividades de transbordo. Neste sentido, pode-se até chegar à situação de uma região inexpressiva em termos de produção e consumo, porém, importante centro de transferência intermodal de mercadorias. No caso do estudo presente, apesar de sua importância no consumo e produção, verificou-se que o pólo "Maringá" mantém essa característica muito evidente pelos fluxos apresentados por causa da localização dos terminais de integração intermodal rodovia-RFFSA.

6.1.1 Operacionalização do modelo

Dentro da perspectiva e objetivos deste estudo, pretende-se avaliar o padrão ótimo da intermodalidade no Estado do Paraná para o transporte de grãos e farelo de soja. Esta avaliação terá como critério básico de escolha das modalidades de transporte o menor custo total, que inclui frete e custos de transbordo, com ênfase na análise de sensibilidade dos fretes intermodais para determinar seu nível de competitividade dentro da distribuição modal ótima.

O modelo para a avaliação da alternativa de transporte de custo mínimo para o transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná está baseado no objetivo de se obter a distribuição ótima dos fluxos de produtos entre os pólos de modo que minimize o custo total de transporte (Z) no Paraná, dadas as restrições 6.2 e 6.3. Para tal, foi utilizado o *software General Algebraic Modeling System* (GAMS) (Brooke et al., 1996), aplicado à seguinte estrutura matemática:

$$Min \quad Z = \sum_{i=1}^{13}\sum_{j=1}^{13}\left[\left(FR_{ij}.TR_{ij}\right)+\left(FF_{ij}.TF_{ij}\right)+\left(FI_{ij}.TI_{ij}\right)\right] \tag{6.1}$$

sujeito à

$$TR_{ij} + TF_{ij} + TI_{ij} = T_{ij}, \qquad \text{para todo } i,j \tag{6.2}$$

$$TF_{ij} + TI_{ij} \leq C_{ij} \qquad \text{para todo } i,j \tag{6.3}$$

sendo:

Z = função de custo total de transporte do fluxo de grãos e farelo de soja;
FR_{ij} = frete rodoviário (em US$/$t$) entre os pólos i e j;
TR_{ij} = quantidade transportada pela modalidade rodoviária (t) entre os pólos i e j;
FF_{ij} = frete ferroviário (em US$/$t$) entre os pólos i e j;
TF_{ij} = quantidade transportada pela modalidade ferroviária (t) entre os pólos i e j;
FI_{ij} = frete intermodal (em US$/$t$) entre os pólos i e j;
TI_{ij} = quantidade transportada pela intermodalidade (t) entre os pólos i e j;

T_{ij} = fluxos de grãos e farelo de soja com origem em i e destino em j (matrizes O/D estimadas);
C_{ij} = capacidade de tráfego dos produtos nas ferrovias.

A seção 6.1.2 explicita os valores utilizados para a operacionalização do modelo. Os fretes foram estimados sem a consideração de possíveis efeitos de concorrência entre as modalidades. Com relação aos possíveis pontos de transbordo, esses foram determinados a partir de informações com empresas prestadoras de serviço e em GEIPOT (1997).

Além do mais, foram feitas análises dos fretes em dois níveis distintos. Num primeiro, na perspectiva do usuário, procurou-se determinar o percurso de custo mínimo para as rotas. Noutro nível, desenvolveu-se análise de sensibilidade dos fretes intermodais com o objetivo de identificar seus níveis de competitividade na perspectiva da racionalidade do modelo, que é a distribuição entre as modalidades que minimiza o custo total de transporte, na condição *ceteris paribus*, isto é, quando apenas o valor do frete intermodal de determinada rota variava.

Por outro lado, os cenários explorados que diziam respeito às opções de transporte são aqueles mesmos utilizados no capítulo anterior, com opções de operação da FERROESTE em 1995, com e sem ponto de estrangulamento, e em 2003, permanecendo apenas esta ferrovia como alteração na infra-estrutura de transporte no Estado e também possibilitando novos ramais.

6.1.2 Informações utilizadas na análise

Os custos totais de transporte entre origem e destino foram compostos pelo frete e pelo custo de transbordo, este quando da ocorrência de transferência de mercadorias entre diferentes modalidades de transporte. Os

valores para os fretes rodoviário e ferroviário para os pares de origem-destino no Estado do Paraná são os mesmos utilizados no capítulo anterior, que constam das Tabelas 5.2 e 5.3. Foram estimados os fretes rodoviário e ferroviário nos trechos Maringá-São Paulo, Londrina-São Paulo e Ponta Grossa-São Paulo e rodoviário Curitiba-São Paulo. O processo de estimação desses fretes seguiu o mesmo procedimento adotado anteriormente. Os fretes resultantes são apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Fretes estimados (em US$/*t*), tendo como origem alguns pólos paranaenses e destino São Paulo (SP), conforme diferentes modalidades e respectivas distâncias (em *km*).

Origem	Modalidade	Distância (em *km*)	Frete[1] (em US$/*t*)
Curitiba	Rodoviária	408[1][2]	17,74
Londrina	Rodoviária	532[2]	22,11
Londrina	Ferroviária	557[1]	20,47
Ponta Grossa	Rodoviária	505[2]	21,16
Ponta Grossa	Ferroviária	532[3]	19,56
Maringá	Rodoviária	646[2]	26,12
Maringá	Ferroviária	676[1]	24,86

Fonte: 1 - Estimativas do estudo
2 - Guia Quatro Rodas (1994)
3 - GEIPOT (1997)

Quanto às informações que dizem respeito aos custos de transbordo, foram explorados diferentes valores. Foi usado o valor de US$1,50/*t*, conforme consultas feitas às empresas prestadoras do serviço no Paraná, nos pólos de Londrina, Ponta Grossa, Cascavel e Maringá, valor este também utilizado por Oliveira (1996). Utilizou-se também US$1,07/*t* como custo de transbordo, conforme utilizado em GEIPOT (1997), prevendo alguns

avanços tecnológicos que permitam a redução do custo do serviço para o ano 2000.

Ainda, foram simuladas situações que contemplavam apenas uma operação de transbordo entre pares de origem-destino dada uma distância máxima percorrida de 700 km.

6.2 Intermodalidade no transporte de grãos e farelo de soja no Paraná

O Paraná mantém algumas características importantes no que se diz respeito aos fluxos de grãos e farelo de soja. Por um lado, o Estado direciona grande parte de sua produção para o comércio exterior. Por outro, fluxos significativos de produtos provenientes de outras unidades da Federação são exportados através do Porto de Paranaguá. Além do mais, dado o caráter historicamente superavitário da produção paranaense, seus produtos direcionam-se para as regiões Sudeste e Nordeste, principalmente, para fins de abastecimento interno.

Assim, para os propósitos de estudo da intermodalidade como uma alternativa de menor custo de transporte de grãos e farelo de soja no Paraná, foram selecionadas rotas que espelhassem esta realidade. Na determinação destas rotas, objetivou atentar-se para aquelas típicas de exportação e para aquelas de abastecimento interno no País. Dessa maneira, foram selecionadas rotas que ligam pólos tipicamente produtores e pólos que recebem produto de outros estados com destino ao Porto de Paranaguá, aqui denominadas "rotas de exportação", e aquelas que têm como origem pólos paranaenses para o abastecimento interno, as "rotas de abastecimento interno".

Assim sendo, tem-se:

1) Rotas de exportação:

- Campo Mourão-Paranaguá

- Cascavel-Paranaguá
- Umuarama-Paranaguá
- Foz do Iguaçu-Paranaguá

2) Rotas de abastecimento interno:
- Pato Branco-Paranaguá
- Pato Branco-São Paulo
- Foz do Iguaçu-São Paulo

Cabe salientar que para o caso dessas duas últimas rotas, com destino a São Paulo, apenas serão aventadas hipóteses de percursos e pontos de transbordo dentro do território paranaense devido às limitações dos objetivos deste estudo.

Finalmente, destaque-se que os dados relativos apresentados nesta seção têm como valores básicos aqueles referentes ao ano de 1995.

6.2.1. Rotas de exportação

- **Campo Mourão - Paranaguá**

No pólo "Campo Mourão" originam-se 7,85% do fluxo total de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná. Pode-se destacar soja e trigo como os produtos locais de maior participação relativa na produção estadual, 12,83% e 15,1%, respectivamente. Porém, a característica principal do pólo é o fato de ser uma região com expressivos excedentes de produção de soja, milho e trigo. Destes, o volume do fluxo de soja originado em Campo Mourão, de cerca de 632 mil *t*, desperta o interesse dessa avaliação.

Para acessar o Porto de Paranaguá e daí o exterior, os produtos de Campo Mourão têm alguns percursos alternativos. Dentro das disponibilidades de transporte atuais, é possível atingir o Porto por via unimodal, rodoviária, ou intermodal, rodo-ferroviária, com transbordo em Maringá, Cascavel, Guarapuava, Ponta Grossa ou Curitiba. Considerando-se

novos ramais ferroviários unindo Campo Mourão a Maringá e a Cascavel, tornam-se disponíveis mais alternativas unimodais até Paranaguá, por via ferroviária, e mais alternativas intermodais, ferro-rodoviária, tendo Maringá como ponto de transbordo. Os custos relativos a estas alternativas encontram-se na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Campo Mourão e destino a Paranaguá, segundo modalidades.

Modalidade	Transbordo	Custo Total (US$/*t*)	
		Situação 1[1]	Situação 2[2]
Rodoviária	-	23,34	23,34
Ferroviária (Via Cascavel)[3]	-	30,53	30,53
Rodo-Ferroviária	Maringá	25,52	25,09
Ferro-Rodoviária[3]	Maringá	26,73	26,30
Rodo-Ferroviária	Ponta Grossa	26,79	26,36
Ferro-Rodoviária[3]	Ponta Grossa	35,16	34,73
Rodo-Ferroviária	Cascavel	35,04	34,61
Ferro-Rodoviária[3]	Cascavel	32,36	31,93
Rodo-Ferroviária	Guarapuava	25,19	24,76
Ferro-Rodoviária[3]	Guarapuava	31,82	31,39
Rodo-Ferroviária	Curitiba	27,62	27,19
Ferro-Rodoviária[3]	Curitiba	34,95	34,52
Ferroviária (via Maringá) [3]	-	20,83	20,83

Fonte: Estimativas do estudo

Notas: 1- Com custo de transbordo a US$1,50/*t*.
2- Com custo de transbordo a US$1,07/*t*.
3- Apenas viável com novos investimentos ferroviários.

A Figura 6.1 apresenta as alternativas de menor custo para a rota Campo Mourão-Paranaguá, sob diferentes condições, na perspectiva do usuário. Dentre aquelas alternativas disponíveis na atualidade, obteve-se o

menor frete com a modalidade rodoviária, o que coincidiu como a rota utilizada. Para atingir o destino em Paranaguá, os produtos originados em Campo Mourão são transportados pela BR-487 até Guarapuava, integralizando o percurso pela BR-277. O uso da alternativa intermodal de menor custo foi rodo-ferroviária, apontando Guarapuava como ponto de transbordo. Porém, a utilização dessa alternativa implicava um custo de oportunidade de US$1,85/*t*, valor associado ao aumento nos gastos totais com transporte para cada tonelada de produto movimentada por esta opção. Isso equivaleria a um acréscimo de 8% no custo de transporte para este par origem-destino.

Quando foi explorada a possibilidade de ramais ferroviários até Campo Mourão, a situação de competitividade entre as alternativas de transporte mudou. O frete ferroviário passou a ser o de menor custo para os produtos destinados a Paranaguá, sendo que para isso, cumpria-se o percurso Campo Mourão-Maringá-Paranaguá. A alternativa rodoviária passou a ser a segunda melhor opção, enquanto a alternativa intermodal de menor custo implicava um frete total 21% superior àquele ferroviário.

No modelo global de competitividade entre as modalidades, foram analisadas as situações de intermodalidade rodo-ferroviária com pontos de transbordo em Maringá e Guarapuava. Para o transbordo em Maringá, a alternativa intermodal foi escolhida pelo modelo quando se igualava seu custo ao frete de menor valor para as situações em 1995, US$23,34/*t*, referente ao transporte rodoviário. A escolha da intermodalidade implicava aumento na utilização do trecho ferroviário a partir de Maringá, não provocando redistribuição na alocação anterior dos fluxos entre as modalidades e implicando um custo de oportunidade muito próximo de zero para o uso do transporte rodoviário. Porém, considerando-se o frete ferroviário a US$20,83/*t*, o uso do transporte intermodal teria um custo de oportunidade de US$2,95/*t*, tendo sido escolhido pelo modelo apenas quando fixado a US$17,87/*t*.

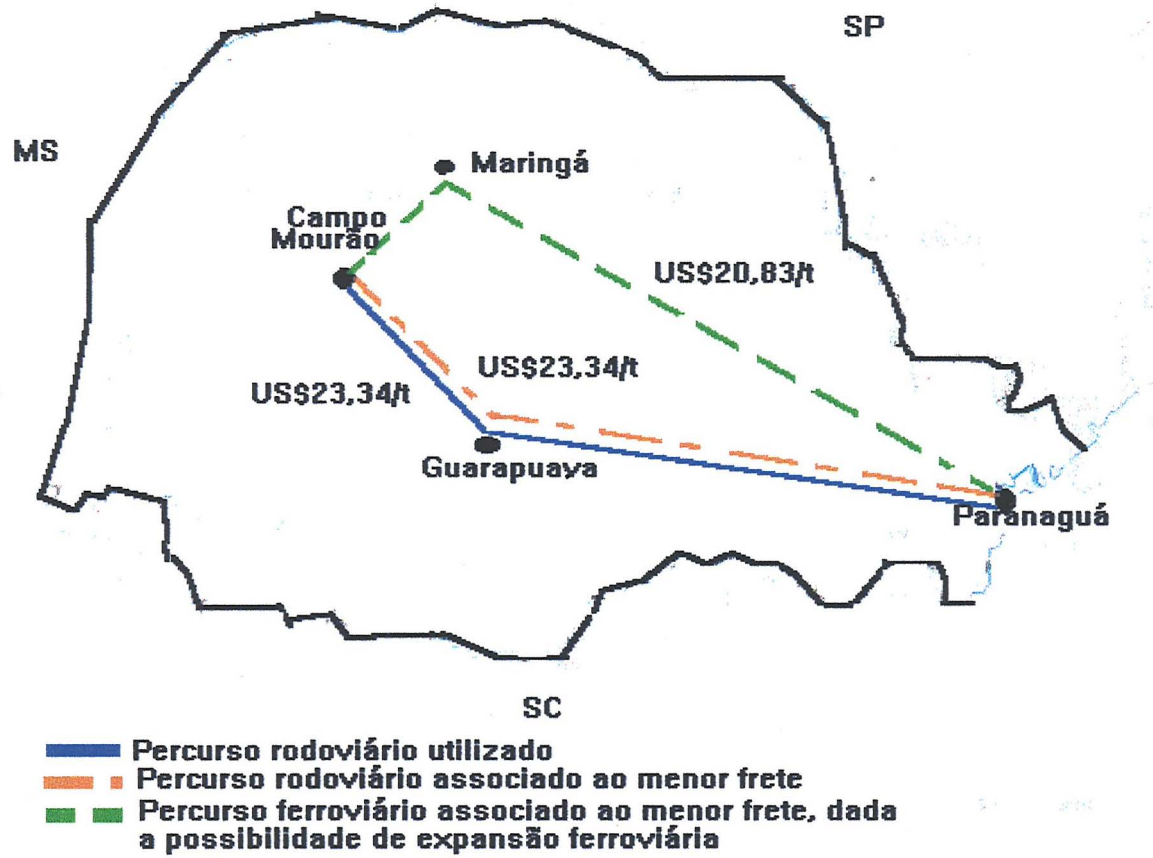


Figura 6.1 - Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Campo Mourão e destino a Paranaguá.

Na outra opção rodo-ferroviária com transbordo em Guarapuava, a escolha da intermodalidade está condicionada à não construção do ramal ferroviário Pato Branco-Guarapuava. A existência deste trecho ferroviário inibe o transporte intermodal com origem em Campo Mourão e destino a Paranaguá. Assim, atribuindo frete igual à alternativa modal de menor custo (rodoviária, US$23,34/*t*), a intermodalidade foi escolhida para o cenário de 1995, quando corrigia-se o estrangulamento, e para 2003, considerando-se apenas a FERROESTE como expansão ferroviária. Mantida a atual capacidade de tráfego, o uso da alternativa intermodal com transbordo em Guarapuava implicou custo de oportunidade de US$0,33/*t*. Houve atribuição de fluxo intermodal na rota nessa situação quando o frete rodo-ferroviário fixou-se em US$23,00/*t*, distribuindo as quantidades a serem transportadas com a opção rodoviária e eliminando o fluxo ferroviário com origem em Cascavel e destino a Paranaguá.

Para 2003, a escolha da intermodalidade, sem a correção do estrangulamento, implicava um custo de oportunidade de US$0,31/*t* para a opção no transporte rodoviário e redução do fluxo ferroviário de Guarapuava a Ponta Grossa. Com a correção do estrangulamento, esta redistribuição não ocorreu, apenas utilizou-se mais intensivamente a ferrovia.

Quando se explorou a expansão ferroviária generalizada, a equiparação dos fretes intermodal e ferroviário (menor custo) não foi suficiente para o transporte rodo-ferroviário ser escolhido dentro da racionalidade do modelo, que é a minimização dos custos totais de transporte no Paraná. Apenas a US$20,22/*t* ocorreu a atribuição de fluxo à alternativa intermodal. A ocorrência do transbordo em Guarapuava, de produtos destinados a Paranaguá, implicou redução do mesmo montante na utilização do transporte ferroviário com origem em Pato Branco e destino a Ponta Grossa.

- **Cascavel - Paranaguá**

O pólo "Cascavel" concentra parcela significativa da produção de grãos no Paraná. 25,42%, 17,7% e 21,3% da produção estadual de soja, milho e trigo, respectivamente, localizam-se nas cidades da região de influência do pólo. Mas, a importância relativa de Cascavel como ponto de origem da soja, cerca de 28% do total e 51% das quantidades destinadas a Paranaguá, caracterizam estes fluxos como de exportação.

Para atingir o Porto de Paranaguá, com vistas ao mercado externo, algumas alternativas uni e intermodais estão disponíveis. As alternativas unimodais dizem respeito ao uso do transporte rodoviário ou ferroviário, enquanto são possíveis alternativas intermodais, rodo-ferroviária, com pontos de transbordo em Guarapuava, Ponta Grossa e Curitiba, e ferro-rodoviária, com os mesmos pontos, menos Guarapuava. Os custos relativos a estas alternativas encontram-se na Tabela 6.3.

As alternativas de menor custo para a rota Cascavel-Paranaguá estão ilustradas na Figura 6.2, sob a ótica do usuário. A entrada em operação da FERROESTE permitirá, como demonstrado, uma opção de transporte mais barata. Porém, pôde-se observar que as alternativas unimodais rodoviária e ferroviária apresentaram estreita concorrência. O custo de oportunidade de US$0,33/$t$ para a modalidade rodoviária evidencia esta competição. Porém, considerando-se novas tecnologias de transbordo que possam reduzir o custo dessa operação, a alternativa intermodal ferro-rodoviária, com transbordo em Guarapuava, passa a apresentar resultados bastante interessantes, dado o custo de oportunidade associado a esta opção de US$0,29/$t$. Nessa situação, então, pode-se dizer que o usuário tem as alternativas unimodais rodoviária e ferroviária e intermodal com fretes semelhantes. Nessa condição, a escolha poderá ser direcionada por variáveis qualitativas que dizem respeito à qualidade e à confiabilidade do serviço prestado.

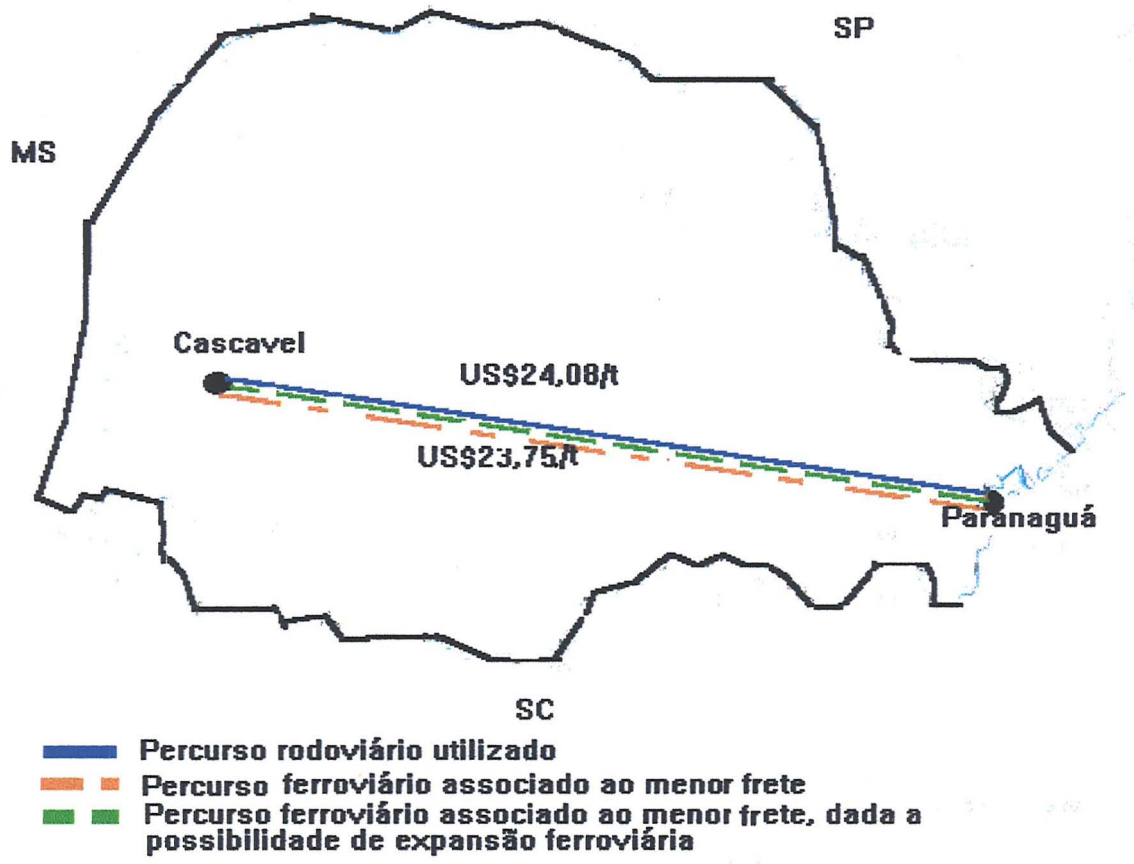


Figura 6.2 - Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Cascavel e destino a Paranaguá.

Tabela 6.3 - Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Cascavel e destino a Paranaguá, segundo modalidades.

Modalidade	Transbordo	Custo Total (US$/*t*)	
		Situação 1[1]	Situação 2[2]
Rodoviária	-	24,08	24,08
Ferroviária	-	23,75	23,75
Rodo-Ferroviária	Guarapuava	25,95	25,52
Ferro-Rodoviária	Guarapuava	24,61	24,04
Rodo-Ferroviária	Curitiba	28,36	27,93
Ferro-Rodoviária	Curitiba	28,17	27,74
Rodo-Ferroviária	Ponta Grossa	28,41	27,98
Ferro-Rodoviária	Ponta Grossa	33,06	32,63

Fonte: Estimativas do estudo
Notas: 1- Com custo de transbordo a US$1,50/*t*.
2- Com custo de transbordo a US$1,07/*t*.

Porém, esta alternativa intermodal não é pertinente às condições projetadas para a FERROESTE. Os terminais de carga/descarga estão localizados em Cascavel, sendo que em Guarapuava há apenas a possibilidade de transbordo rodo-ferroviário, e não a alternativa acima descrita, conforme FERROESTE (1996) e GEIPOT (1997).

Assim, não foram avaliadas alternativas de intermodalidade para essa rota. Por um lado, essa impossibilidade não justificaria a exploração da opção ferro-rodoviária com transbordo em Guarapuava. Por outro, essa opção com transbordo em Ponta Grossa apresentou um custo relativamente elevado, 37% superior, não sinalizando para uma possibilidade de queda tão drástica no custo total, o que se acontecesse, provavelmente teria comportamento parecido nas outras alternativas. Além do mais, explorar opções rodo-ferroviárias não resolve o problema da pouca utilização do trecho

da FERROESTE, Cascavel-Guarapuava, conforme destacado no capítulo anterior.

- **Umuarama - Paranaguá**

Umuarama não é um importante pólo produtor de grãos e farelo de soja no Paraná. Porém, a avaliação das condições do custo de transporte do pólo com destino a Paranaguá para fins de exportação justifica-se pelos volumes atuais e potenciais de produtos oriundos de outros estados, com mais importância para aqueles originados em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Nesse aspecto, até mesmo pode-se colocar os fluxos potenciais como prioritários, haja vista os volumes que podem passar a ter Guaíra, município que compõe o pólo, como ponto de entrada no Paraná em função da conclusão da ponte sobre o Rio Paraná e da localização do terminal intermodal de cargas da Hidrovia Tietê-Paraná.

Partindo de Umuarama, algumas alternativas de transporte são possíveis. Atualmente, pode-se utilizar alternativas unimodais, por via rodoviária, por Cascavel ou por Maringá, ou intermodais, rodo-ferroviária, com transbordo em Maringá, Cascavel, Guarapuava, Ponta Grossa e Curitiba. Considerando-se alguns novos ramais ferroviários, acrescentam-se alternativas unimodais ferroviárias, integrando-se a RFFSA em Maringá ou a FERROESTE em Cascavel, e intermodais ferro-rodoviária, nos pontos de transbordo acima descritos. Os respectivos custos de transporte dessas alternativas encontram-se na Tabela 6.4.

A Figura 6.3 ilustra os percursos de menor custo para a rota, considerando-se o interesse do usuário. Percebe-se que a alternativa unimodal rodoviária, acessando Paranaguá pela BR-277 a partir de Cascavel, é a alternativa de menor custo e coincide com a rota usualmente utilizada. Porém, o custo de oportunidade de US$0,66/$t$ da alternativa intermodal rodo-ferroviária com transbordo em Maringá sinaliza para um ambiente de

concorrência, como reflexo de ligeiras quedas no frete rodoviário Umuarama-Maringá e ferroviário Maringá-Paranaguá.

Tabela 6.4 - Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Umuarama e destino a Paranaguá, segundo modalidades.

Modalidade	Transbordo	Custo Total (US$/*t*)	
		Situação 1[1]	Situação 2[2]
Rodoviária (via Cascavel)	-	28,13	28,13
Ferroviária (via Cascavel)[3]	-	29,15	29,15
Rodo-Ferroviária	Cascavel	33,74	33,74
Ferro-Rodoviária[3]	Cascavel		
Rodo-Ferroviária	Guarapuava	31,06	30,63
Ferro-Rodoviária[3]	Guarapuava	30,44	30,01
Rodo-Ferroviária	Maringá	28,79	28,36
Ferro-Rodoviária[3]	Maringá	30,20	29,77
Rodo-Ferroviária	Ponta Grossa	31,58	31,15
Ferro-Rodoviária[3]	Ponta Grossa	33,78	33,35
Rodo-Ferroviária	Curitiba	32,35	31,92
Ferro-Rodoviária[3]	Curitiba	33,57	33,14
Rodoviária (via Maringá)	-	31,69	31,69
Ferroviária (via Maringá)[3]	-	24,30	24,30

Fonte: Estimativas do estudo

Notas: 1- Com custo de transbordo a US$1,50/*t*.
2- Com custo de transbordo a US$1,07/*t*.
3- Apenas viável com novos investimentos ferroviários.

Quando foi explorada a possibilidade de ramais ferroviários até Umuarama, novas alternativas surgiram. Chama-se a atenção para o fato da alternativa unimodal ferroviária com origem em Umuarama e destino a Paranaguá, passando por Maringá, ter apresentado o menor custo. A importância desta evidência deve-se à análise comparativa com o percurso alternativo da extensão de um ramal da FERROESTE a partir de Cascavel, o que de certa maneira contraria os os projetos anteriores de percurso dessa

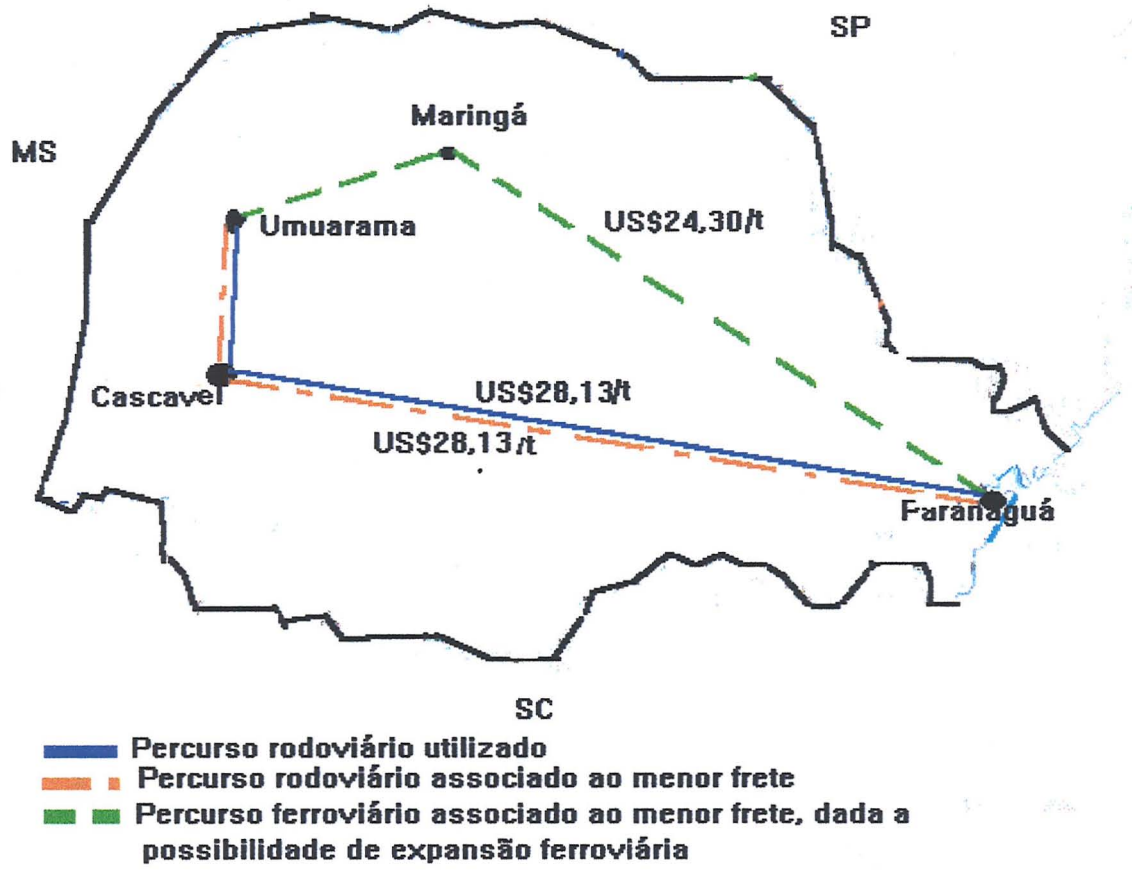


Figura 6.3 - Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Umuarama e destino a Paranaguá.

ferrovia. A alternativa rodoviária, por Cascavel, apareceu como o segundo percurso de menor custo, enquanto que para a alternativa intermodal, rodo-ferroviária com transbordo em Maringá, observou-se custo de oportunidade de US$4,49/*t*, o que equivale a um acréscimo de cerca de 18,5% no custo de transporte.

Considerando-se como ponto de transbordo em Maringá, o transporte intermodal rodo-ferroviário foi escolhido pelo modelo dentro da perspectiva da utilização da infra-estrutura de transporte que incorra no custo total mínimo. Para o cenário de 1995, igualando-se o frete intermodal ao rodoviário de US$28,13/*t*, a opção intermodal foi sinalizada como a mais racional na perspectiva da infra-estrutura de transporte no Estado, implicando utilização da capacidade do trecho ferroviário a partir de Maringá e um custo de oportunidade nulo para o caso de se utilizar o transporte rodoviário via Cascavel. Igualmente, esta mesma opção intermodal foi escolhida pelo modelo quando teve frete de mesmo valor (US$24,30/*t*) da melhor opção que era anteriormente ferroviária para o ano de 2003, na hipótese de haver expansão ferroviária.

Equiparar o frete intermodal à alternativa de menor custo nos cenários diversos não produziu resultados satisfatórios para transbordo em Cascavel, em termos da racionalidade do modelo. Para 1995, o frete intermodal rodo-ferroviário a US$28,13/*t* não foi competitivo frente à opção rodoviária de mesmo valor, implicando custo de oportunidade de US$0,30/*t*, uma vez que a capacidade do trecho Cascavel-Guarapuava-Paranaguá encontrava-se plenamente utilizada. A escolha do transporte intermodal ocorreu com o frete a US$27,79/*t*, implicando extinção do fluxo ferroviário com origem em Cascavel e destino a Paranaguá. Aumentando-se a capacidade da ferrovia entre Guarapuava e Paranaguá, possibilitada pela correção do estrangulamento existente, o frete intermodal passa a ser escolhido pelo modelo, implicando custo de oportunidade nulo para a opção rodoviária e apenas aumento da utilização da capacidade do transporte ferroviário.

Nos cenários para 2003, a ocorrência dessa opção do transporte intermodal implicava sempre capacidade ociosa no trecho Maringá-Ponta Grossa. Enquanto mantinha-se apenas a FERROESTE como expansão ferroviária, o frete intermodal a US$28,13/*t*, no mesmo patamar do rodoviário (de menor custo), não foi escolhido pelo modelo. A ocorrência do transporte intermodal implicou custo de oportunidade de US$0,60/*t*. O transporte intermodal foi selecionado quando teve frete fixado a US$27,52/*t*.

Com a possibilidade de expansão de ramais ferroviários além da FERROESTE, o frete intermodal igual ao frete ferroviário (US$24,30/*t*) via Maringá continuou não sendo escolhido pelo modelo, implicando custo de oportunidade de US$0,32/*t*. O modelo preteriu o transporte ferroviário em favor do intermodal quando esse ofereceu frete a US$20,74/*t*, o que implicava redução da utilização do transporte ferroviário entre Pato Branco e Ponta Grossa.

- **Foz do Iguaçu - Paranaguá**

Embora em Foz do Iguaçu não seja produzida parcela tão expressiva da produção de grãos e farelo de soja no Estado, sua inclusão no estudo deve-se ao recente anúncio da extensão do ramal da FERROESTE, feito pelo Governo Estadual (Monteiro, 1997). Esse empreendimento tem como objetivo proporcionar ganhos de competitividade ao Porto de Paranaguá, incrementando os fluxos oriundos do Paraguai e obtendo cargas de exportação da Argentina, principalmente, os grãos do nordeste argentino que entrariam por Foz do Iguaçu.

Atualmente, a única alternativa unimodal unindo este par de origem-destino é a rodoviária. No entanto, algumas alternativas intermodais rodo-ferroviárias são possíveis com transbordo em Cascavel, Guarapuava, Ponta Grossa e Curitiba. Além disso, o ramal da FERROESTE até Foz do

Iguaçu possibilitará mais uma alternativa unimodal, a ferroviária, bem como outras intermodais, ferro-rodoviária com transbordo nos mesmos pontos anteriores. A Tabela 6.5 apresenta os custos de transporte relativos a estas alternativas.

Tabela 6.5 - Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Foz do Iguaçu e destino a Paranaguá, segundo modalidades.

Modalidade	Transbordo	Custo Total (US$/*t*)	
		Situação 1[1]	Situação 2[2]
Rodoviária	-	28,97	28,97
Ferroviária[3]	-	29,08	29,08
Rodo-Ferroviária	Cascavel	33,67	33,24
Ferro-Rodoviária[3]	Cascavel	30,91	30,48
Rodo-Ferroviária	Guarapuava	30,85	30,42
Ferro-Rodoviária[3]	Guarapuava	30,36	29,93
Rodo-Ferroviária	Curitiba	33,26	32,83
Ferro-Rodoviária[3]	Curitiba	33,49	33,06
Rodo-Ferroviária	Ponta Grossa	32,42	31,99
Ferro-Rodoviária[3]	Ponta Grossa	33,71	33,28

Fonte: Estimativas do estudo
Notas: 1- Com custo de transbordo a US$1,50/*t*.
2- Com custo de transbordo a US$1,07/*t*.
3- Apenas viável com novos investimentos ferroviários.

Os percursos e as modalidades de transporte de menor custo sob a ótica do usuário estão ilustradas na Figura 6.4. Utilizando-se a infra-estrutura de transporte disponível atualmente, o transporte pela modalidade rodoviária, com origem em Foz do Iguaçu e destino a Paranaguá, demonstrou ser a alternativa de menor custo, o que coincide com o percurso praticado. A alternativa intermodal que apresentou melhor resultado foi a rodo-ferroviária, com transbordo em Guarapuava, implicando um custo 6,5% maior.

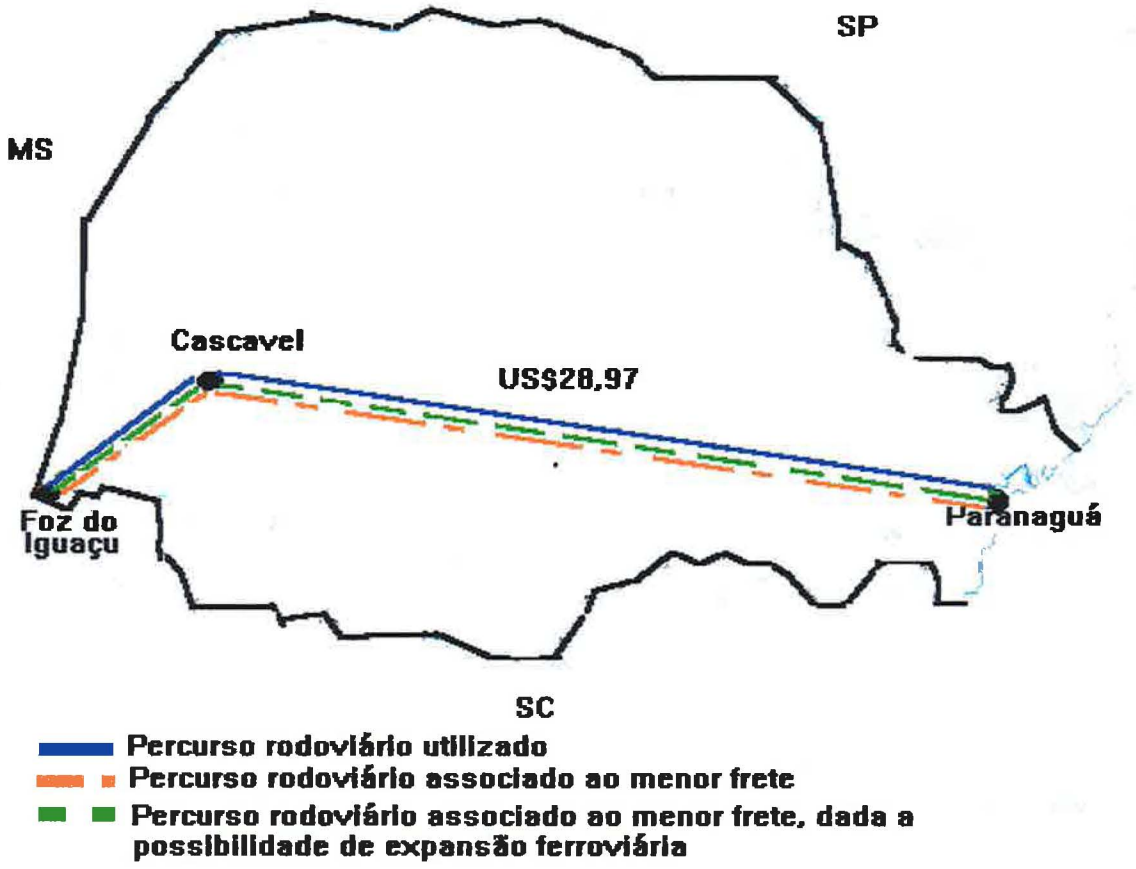


Figura 6.4 - Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Foz do Iguaçu e destino a Paranaguá.

Porém, explorando-se a possibilidade de expansão do ramal Cascavel-Foz do Iguaçu, as alternativas unimodais rodoviária e ferroviária passam a ter o caráter de concorrentes. Prevalece uma ligeira vantagem para a modalidade rodoviária dada pelo custo de oportunidade de US$0,11/*t* para a ocorrência do transporte ferroviário. Com melhora na tecnologia de transbordo, a alternativa intermodal ferro-rodoviária, com transbordo em Guarapuava, com custo de oportunidade de US$0,96/*t*, passa a ser concorrente, embora, há que se ressaltar a inexistência atual desta possibilidade.

Na perspectiva da minimização dos custos totais de transporte no Paraná, a intermodalidade foi abordada na rota Foz do Iguaçu-Paranaguá pela opção rodo-ferroviária, com transbordo em Guarapuava. Ao frete de US$28,97/*t*, apenas foi escolhida na situação dos fluxos referentes ao ano de 1995, com correção do estrangulamento. Sem esta correção, ao transporte intermodal imputava-se um custo de oportunidade de US$0,33/*t* no período. O transporte intermodal foi escolhido neste caso, quando o frete baixou a US$28,63/*t*, quando dividiu com o modal rodoviário a quantidade a ser transportada, implicando extinção do fluxo ferroviário com origem em Cascavel e destino a Paranaguá.

Nas outras situações referentes ao cenário futuro de 2003, o transporte intermodal foi preterido frente ao rodoviário. Na situação de não haver investimentos ferroviários além da FERROESTE, a escolha do transporte intermodal implicava custo de oportunidade de US$0,60/*t*. A opção intermodal passou a ser escolhida pelo modelo quando o frete baixou a US$28,36/*t*, dividindo com o modal rodoviário o volume a ser transportado, com a capacidade limitada após Guarapuava, e recebendo todo esse volume no caso da correção do estrangulamento.

Ocorrendo expansão de outros ramais, o custo de oportunidade aumenta para US$4,15/*t*, caindo para US$1,22/*t* com a correção do estrangulamento. Nestas situações, o transporte intermodal foi

escolhido pelo modelo quando teve frete fixado em US$24,81/*t*, implicando redução dos fluxos ferroviários com origem em Pato Branco e destino a Ponta Grossa, daqueles originados em Curitiba e destinados a Paranaguá.

6.2.2 Rotas de abastecimento interno

- **Pato Branco - Paranaguá**

Pato Branco caracteriza-se como um importante pólo de origem de milho e trigo no Estado do Paraná, com 28,8% e 38% do total. Esses fluxos têm o caráter de abastecimento interno, considerando-se o superávit estadual no caso do milho e o fato do Estado ser uma via de acesso do trigo importado da Argentina. Por isso, a avaliação da rota Pato Branco-Paranaguá torna-se relevante pelo esperado desenvolvimento do transporte de cabotagem no Brasil, viabilizando o transporte desses produtos entre portos brasileiros até os pontos de destino mais longínquos, fluxos esses que tiveram volume estimado para 1995 em cerca de 2 milhões de *t*. Esses fluxos com destino ao mercado interno teriam o adicional de 241 mil *t* de soja para exportação, pela mesma rota e alternativas de transporte.

Atualmente, não existe ramal ferroviário até Pato Branco. Por isso, as alternativas disponíveis são a unimodal rodoviária, e intermodais rodo-ferroviárias, com pontos de transbordo em Guarapuava, Ponta Grossa e Curitiba. A estas, poderiam ser acrescidas na avaliação, a alternativa unimodal ferroviária e intermodal, ferro-rodoviária, com transbordo nos mesmos pontos acima delineados. A Tabela 6.6 apresenta os custos pertinentes a estas alternativas.

Tabela 6.6 - Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Pato Branco e destino a Paranaguá, segundo modalidades.

Modalidade	Transbordo	Custo Total (US$/*t*)	
		Situação 1[1]	Situação 2[2]
Rodoviária	-	21,44	21,44
Ferroviária[3]	-	19,16	19,16
Rodo-Ferroviária	Guarapuava	23,67	23,24
Ferro-Rodoviária[3]	Guarapuava	24,02	23,59
Rodo-Ferroviária	Ponta Grossa	26,33	25,90
Ferro-Rodoviária[3]	Ponta Grossa	21,21	20,78
Rodo-Ferroviária	Curitiba	26,07	25,64
Ferro-Rodoviária[3]	Curitiba	23,58	23,15

Fonte: Estimativas do estudo
Notas: 1- Com custo de transbordo a US$1,50/*t*.
2- Com custo de transbordo a US$1,07/*t*.
3- Apenas viável com novos investimentos ferroviários.

Os percursos de menor custo bem como as modalidades de transporte correspondentes, na perspectiva do usuário, estão ilustradas na Figura 6.5. A alternativa de transporte de menor custo foi a unimodal rodoviária, coincidindo com o percurso utilizado normalmente, pelas BRs-373 e 277. A opção intermodal rodo-ferroviária com transbordo em Guarapuava apresentou-se como a segunda melhor opção, associada a um custo de oportunidade que implicaria aumento de cerca de 10% no frete.

No entanto, esse cenário se altera significativamente em função da possibilidade de novos ramais ferroviários. Obtém-se uma redução do custo de transporte pela alternativa ferroviária de 10%, tornando-se esta a alternativa de menor custo, enquanto a opção intermodal ferro-rodoviária, com transbordo em Ponta Grossa, passando a ser a segunda melhor opção para o transporte entre Pato Branco e Paranaguá.

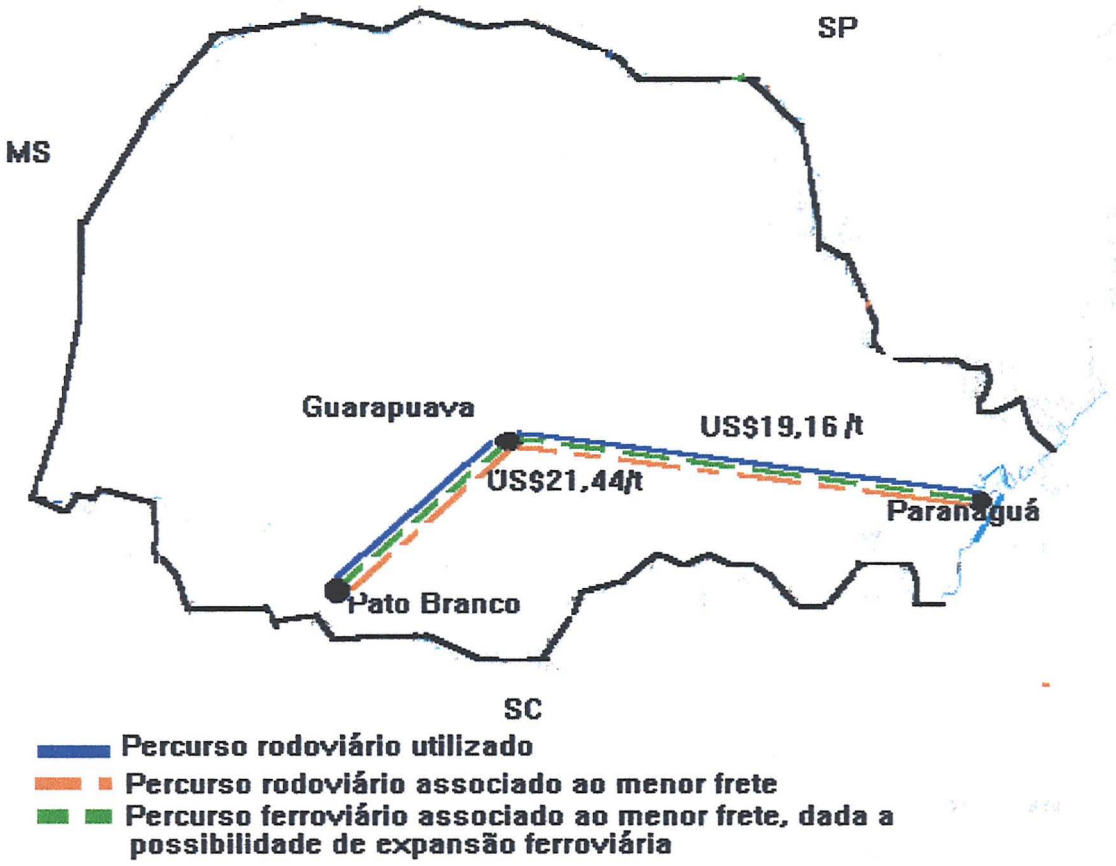


Figura 6.5 - Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Pato Branco e destino a Paranaguá.

Na perspectiva de minimização de custo total de transporte no Paraná, duas opções de intermodalidade foram exploradas, tendo ambas ponto de transbordo em Ponta Grossa. Diante da possibilidade da existência do ramal ferroviário Guarapuava-Pato Branco, a opção ferro-rodoviária com transbordo em Ponta Grossa não foi escolhida pelo modelo ao frete de US$19,16/t. Nesse cenário futuro, com ou sem correção do estrangulamento da ferrovia pós-Guarapuava, o modelo continuou sinalizando para o uso do transporte rodoviário dos produtos originados em Pato Branco e destinados a Paranaguá, ao frete mais dispendioso de US$21,44/t. O uso do transporte intermodal implicava um custo de oportunidade de US$1,27/t em ambos os casos. O frete intermodal deveria cair a US17,88/t para receber volumes a serem transportados. Nesta situação, sua ocorrência implicou substituição dos fluxos ferroviários originados em Pato Branco e destinados a Ponta Grossa.

Por outro lado, a opção rodo-ferroviária com transbordo em Guarapuava foi escolhida pelo modelo em algumas ocasiões. Para 1995, ao frete de US$21,44/t, igual ao rodoviário, com ou sem correção do estrangulamento a partir de Guarapuava, o modelo sinalizou para a racionalidade da opção em conjunto com o transporte rodoviário. A atribuição ao transporte intermodal de 28% do fluxo potencial implicou exclusão do transporte ferroviário no trecho Cascavel-Guarapuava. Esta substituição não se verificou quando explorou-se o mesmo cenário com correção do estrangulamento.

Para 2003, esta opção intermodal não foi escolhida na situação de permanecer a FERROESTE como único investimento, com o frete a US$21,44/t. Com ou sem correção do estrangulamento, a opção intermodal não foi escolhida e sua ocorrência implicaria um custo de oportunidade de US$0,60/t nas duas situações. A escolha ocorreu ao frete de US$20,83/t, implicando divisão do volume total com o transporte rodoviário e redução do fluxo ferroviário com origem em Curitiba e destino a Paranaguá.

Porém, com a possibilidade de expansão ferroviária generalizada, o transporte intermodal foi competitivo na perspectiva da utilização racional da infra-estrutura de transporte do Paraná. Ao valor de US$19,16/$t$, a opção rodo-ferroviária foi escolhida, implicando custo de oportunidade nulo na ocorrência de transporte ferroviário e redução do fluxo ferroviário originado em Pato Branco e destinado a Ponta Grossa.

- **Pato Branco - São Paulo**

Foram avaliadas alternativas tendo como ponto de origem o pólo de Pato Branco e destino a cidade de São Paulo. A justificativa da situação anterior em torno da origem "Pato Branco" prevalece nesta situação. Já o destino, São Paulo, justifica-se pela concentração de moinhos de trigo nas suas proximidades e por sua importância como centro consumidor brasileiro.

Sendo assim, atualmente está disponível a alternativa unimodal, rodoviária, e intermodais, rodo-ferroviária, com transbordo em Guarapuava, Ponta Grossa e Curitiba. Porém, na perspectiva de expansão ferroviária, tornar-se-iam disponíveis novas alternativas como a unimodal ferroviária e intermodal ferro-rodoviária, tendo como pontos de transbordo os pólos acima delineados. Os custos destas alternativas encontram-se na Tabela 6.7.

A rota Pato Branco-São Paulo apresentou resultados bastante diferentes no que se diz respeito a percursos de menor custo, sob diversas condições. O percurso de menor custo sinalizou para uma competição bem acirrada entre as opções rodoviária, efetivamente utilizada, e rodo-ferroviária, com transbordo em Ponta Grossa. Essa diferença foi de US$0,10/$t$ no custo de oportunidade da alternativa rodoviária, diferença essa aumentada quando

melhora a tecnologia da operação de transbordo, refletida na diminuição do custo.

Tabela 6.7 - Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Pato Branco e destino a São Paulo, segundo modalidades.

Modalidade	Transbordo	Custo Total (US$/*t*)	
		Situação 1[1]	Situação 2[2]
Rodoviária (via Ponta Grossa)	-	36,86	36,86
Ferroviária (via Ponta Grossa)[3]	-	31,71	31,71
Rodo-Ferroviária	Guarapuava	38,55	38,12
Ferro-Rodoviária[3]	Guarapuava	30,35	29,92
Rodo-Ferroviária	Ponta Grossa	36,76	36,33
Ferro-Rodoviária[3]	Ponta Grossa	34,82	34,38
Ferro-Rodoviária	Curitiba	34,77	34,34
Rodoviária (via Curitiba)	-	36,36	36,36

Fonte: Estimativas do estudo

Notas: 1- Com custo de transbordo a US$1,50/*t*.
2- Com custo de transbordo a US$1,07/*t*.
3- Apenas viável com novos investimentos ferroviários.

Porém, quando se explora a possibilidade de expansão de ramais ferroviários, o cenário fica mais favorável à ocorrência do transporte intermodal. A alternativa ferro-rodoviária, com transbordo em Guarapuava, passa a apresentar menor custo, sendo o frete associado à alternativa ferroviária superior em 4,5%.

Portanto, a alternativa intermodal apresentou-se como a opção de menor custo entre Pato Branco e São Paulo, porém, com seqüências de modalidades e pontos de transbordo diferentes. A Figura 6.6 ilustra essas situações.

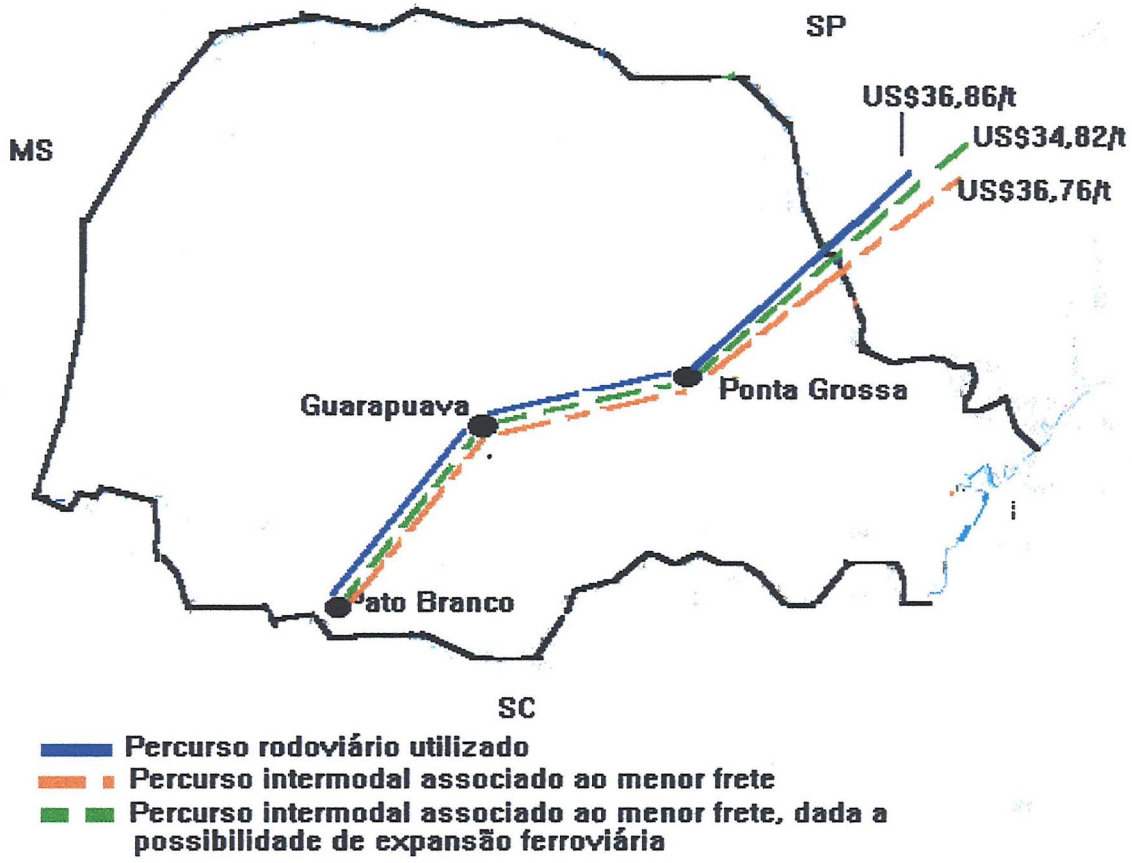


Figura 6.6 - Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Pato Branco e destino a São Paulo.

- **Foz do Iguaçu - São Paulo**

A inclusão desta rota no estudo visa avaliar o percurso de menor custo para fluxos do MERCOSUL, com mais ênfase para o trigo e o milho importados da Argentina com vistas ao abastecimento do mercado interno brasileiro. Para isso, dispõe-se atualmente das alternativas unimodais rodoviária via Londrina e via Ponta Grossa, e das alternativas intermodais, rodo-ferroviária, com pontos de transbordo em Maringá, Londrina, Guarapuava e Ponta Grossa. Havendo expansão dos ramais ferroviários Cascavel-Foz do Iguaçu e Cascavel-Maringá, seriam criadas as alternativas unimodais ferroviárias via Londrina e via Ponta Grossa, bem como alternativas ferro-rodoviárias, com transbordo nos pólos anteriormente definidos. Os custos totais de transporte referentes às alternativas encontram-se na Tabela 6.8.

Dentro das condições proporcionadas pela infra-estrutura atualmente disponível, o percurso de menor custo sinalizou para uma competição bem acirrada entre as opções rodoviária, via Ponta Grossa, e rodo-ferroviária, com transbordo em Ponta Grossa. Essa diferença refletiu-se num custo de oportunidade de US$0,10/$t$ desta segunda alternativa, e aumenta para US$0,53/$t$ com a possibilidade de melhoria na tecnologia da operação de transbordo. Cabe destacar que pesquisa do GEIPOT (GEIPOT, 1977) que investigou o percurso de menor custo para a rota Cascavel-São Paulo obteve a opção rodo-ferroviária com transbordo em Ponta Grossa.

Porém, o percurso efetivamente utilizado, via rodoviária, pelas BRs-277 (até Cascavel) e 369, e a opção rodo-ferroviária, via Londrina, apresentaram resultados interessantes dado o acréscimo de custo, na faixa dos 3,3%, e pelo fato desta última não ser um percurso convencional. Ou seja, há algumas alternativas de transporte com custos competitivos para origem em Foz do Iguaçu e destino a São Paulo.

Tabela 6.8 - Custo total do transporte (US$/*t*) de grãos e farelo de soja com origem em Foz do Iguaçu e destino a São Paulo, segundo modalidades.

Modalidade	Transbordo	Custo Total (US$/*t*)	
		Situação 1[1]	Situação 2[2]
Rodoviária (via Londrina)	-	44,22	44,22
Ferroviária (via Londrina)[3]	-	39,88	39,88
Rodo-Ferroviária	Maringá	44,46	44,03
Ferro-Rodoviária[3]	Maringá	43,34	42,91
Rodo-Ferroviária	Londrina	44,08	43,65
Ferro-Rodoviária[3]	Londrina	43,02	42,59
Rodo-Ferroviária	Guarapuava	45,73	45,30
Ferro-Rodoviária[3]	Guarapuava	45,08	44,65
Rodo-Ferroviária	Ponta Grossa	42,85	42,42
Ferro-Rodoviária[3]	Ponta Grossa	44,31	43,88
Rodoviária (via Ponta Grossa)	-	42,95	42,95
Ferroviária (via Ponta Grossa)[3]	-	41,21	41,21

Fonte: Estimativas do estudo

Notas: 1- Com custo de transbordo a US$1,50/*t*.
2- Com custo de transbordo a US$1,07/*t*
3- Apenas viável com novos investimentos ferroviários.

No entanto, o cenário altera-se quando é explorada a possibilidade de novos ramais ferroviários. A opção unimodal ferroviária por Londrina passa a ser aquela de menor custo, com um frete 7% mais barato. Em seguida vem outra ferroviária, via Ponta Grossa, esta com custo de oportunidade de US$1,33/*t*. A melhor alternativa intermodal é a rodo-ferroviária com transbordo em Ponta Grossa, implicando aumento de custo da rota em 7,5%. A Figura 6.7 ilustra estas possibilidades.

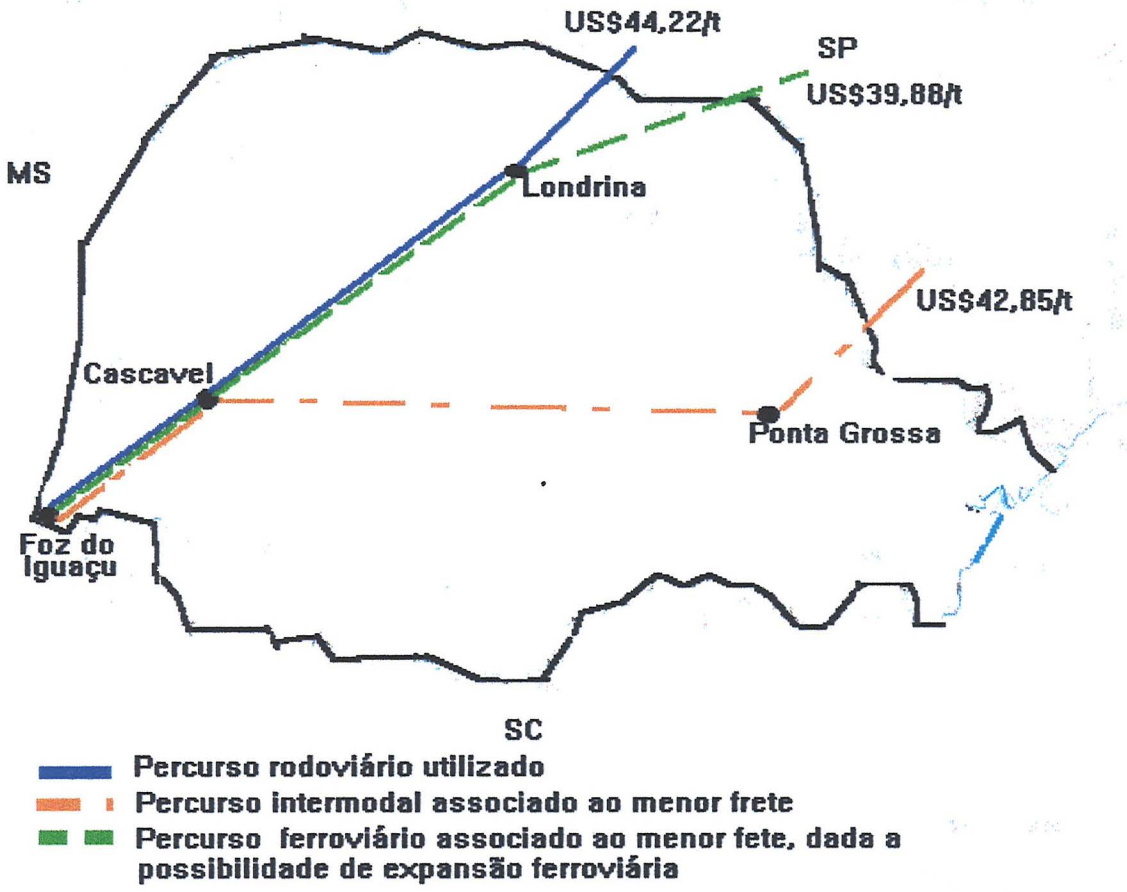


Figura 6.7 - Rotas alternativas de menor custo para grãos e farelo de soja com origem em Foz do Iguaçu e destino a São Paulo.

6.3 Considerações finais

Neste capítulo, objetivou-se avaliar as possibilidades da utilização do transporte intermodal para a movimentação de grãos e farelos de soja no Estado do Paraná. Para isso, este estudo baseou-se na identificação das rotas de maior fluxo através das estimativas das matrizes de origem-destino desenvolvidas no capítulo 4. Essas rotas foram classificadas entre aquelas de exportação e de abastecimento interno.

Os cenários de evolução da infra-estrutura de transporte que dizem respeito a possibilidades de novas ferrovias foram os mesmos utilizados no capítulo 5.

A princípio, o modelo avaliou estas possibilidades dentro de duas óticas diferentes. Numa primeira, buscava-se analisar o frete intermodal comparativamente às alternativas de transporte, com vistas à identificação do percurso de menor custo entre pares de origem-destino, que atuaria como um sinal para os demandantes dos serviços de transporte. Numa outra ótica, objetivou-se identificar os patamares de fretes intermodais para as rotas selecionadas que seriam escolhidos pelo modelo global de utilização racional das modalidades, cuja finalidade é encontrar a distribuição modal que minimiza os custos de transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná.

Primeiramente, pode-se dizer que o transporte intermodal foi competitivo, aos fretes utilizados, apenas para rotas que partiam do Estado em direção a São Paulo. Essas rotas percorriam distâncias superiores àquelas observadas dentro dos pares de origem-destino circunscritos aos limites do Paraná. Essas distâncias eram de 1.064 *km,* partindo de Foz do Iguaçu e 855 *km,* de Pato Branco.

Dentro do modelo de racionalidade na utilização da infra-estrutura de transporte do Paraná, o quadro foi bastante desfavorável ao

transporte intermodal. Este teve uso recomendado apenas quando apresentava fretes bastante reduzidos, a partir das informações de análise de sensibilidade, na hipótese *ceteris paribus*, o que pode não vir de fato a acontecer, uma vez que os fatores motivadores desta redução podem eventualmente disseminar-se pelos outros modais. Além do mais, a expansão dos ramais ferroviários previstos nesse estudo inibiu a utilização do transporte intermodal em várias situações.

Por outro lado, o custo de transbordo, tido como importante elemento potencial na determinação da competitividade da intermodalidade, não alterou o *ranking* do transporte intermodal entre as alternativas investigadas aos valores de US$1,50/*t* e US$1,07/*t*.

Confirmou-se dois pontos ressaltados anteriormente no capítulo 5. Primeiro, que a ligação ferroviária Foz do Iguaçu-Cascavel-Maringá pode efetivamente contribuir para a redução dos custos de transporte no comércio multilateral do MERCOSUL, envolvendo Brasil-Argentina e Brasil-Paraguai, existindo uma demanda potencial que justifique a análise dos responsáveis pelo planejamento dos sistemas de transporte no Brasil e no Paraná, da inclusão desta ferrovia nas prioridades de investimentos em transportes. Segundo, que a abordagem das alternativas unimodais e intermodais em torno da rota Umuarama-Paranaguá corroboraram o percurso por Maringá como o de menor custo, novamente colocando em cheque o interesse histórico pela construção do ramal ferroviário Cascavel-Guaíra, e não Maringá-Guaíra.

Por outro lado, os resultados das explorações da intermodalidade sinalizaram para a importância da existência do terminal ferro-rodoviário a ser localizado em Guarapuava.

7 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a utilização da infra-estrutura de transporte para a movimentação de milho, soja, trigo e farelo de soja no Estado do Paraná, com especial interesse na contribuição da modalidade ferroviária. Identificou e analisou-se a participação das ferrovias na alocação modal ótima, efetiva e potencial, com simulações de expansão de ramais ferroviários. Além do mais, avaliou-se a participação da modalidade ferroviária em esquemas intermodais.

O interesse na avaliação do transporte ferroviário é justificado por alguns fatores básicos, a partir de experiências nacionais e internacionais que têm buscado uma participação mais intensiva das ferrovias no transporte de cargas, modalidade que apresenta menor custo, em tese. Por um lado, é significativa a participação dos gastos com transporte nos custos totais dos produtos agrícolas. Outrossim, os preços são variáveis de grande participação na competitividade das *commmodities*, aspecto relevante quando se consideram as recentes transformações nos mercados agrícolas, sinalizam-se para ambientes de maior competição, que combinam maior abertura e integração regional. E no caso do Estado do Paraná, estes aspectos ganham maior relevo quando se constata a importância da produção estadual no total nacional, da predominância agrícola e agroindustrial na economia local e de seu caráter agro-exportador.

O método utilizado foi o instrumental da programação linear. Alguns modelos de transporte foram utilizados, basicamente para se estimar

serem transportados e para a determinação da distribuição modal ótima e outros que incorporavam alguns possíveis esquemas intermodais.

Diferentes metodologias são usadas no levantamento dos dados necessários às matrizes de origem-destino. A diferença metodológica utilizada no presente trabalho baseou-se em dados secundários e estimativas, sem incorrer em pesquisas de campo, que encarecem e prolongam levantamentos dessa natureza. Assim, estimou-se um volume de 15,8 milhões de *t* de grãos e farelos de soja transportadas pela infra-estrutura de transporte no Estado do Paraná em 1995, alcançando 29,2 milhões de *t* para o ano de 2003.

A determinação da distribuição modal ótima baseou-se nos fretes rodoviário, ferroviário e intermodal e nas restrições de capacidade associadas aos trechos ferroviários.

Reconstituindo-se historicamente a malha ferroviária no Estado do Paraná, pôde-se observar vários fatores econômicos motivadores da implantação das ferrovias paranaenses. Primeiro, objetivou-se viabilizar o comércio exterior da Província, com a ligação Curitiba-Porto de Paranaguá, depois, integrar os mercados regionais e posteriormente integrar o Estado à economia nacional. Nos anos 70, a Estrada de Ferro Central do Paraná viabilizou a ocupação demográfica e a expansão cafeeira no norte do Estado. Em 1996, é inaugurada a Estrada de Ferro Paraná Oeste S. A. (FERROESTE), que une as áreas produtoras de grãos a oeste e os centros de consumo e exportação a leste.

Toda a malha estadual está concedida ao setor privado, o que pode aumentar a participação das ferrovias no transporte de mercadorias. A administração privada pode dar mais flexibilidade aos investimentos ferroviários no Estado, por captar os sinais dos mercados de *commodities* e de produtos agroindustrializados, por atrair cargas exportáveis pelo Porto de Paranaguá provenientes, principalmente, dos Estados de São Paulo, Goiás,

Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e para futuros incrementos de comércio no âmbito do MERCOSUL.

Essas ferrovias destacaram-se nos resultados apontados pelos modelos em busca da racionalização do transporte de grãos e farelo de soja no Estado. Os modelos de distribuição modal alocaram fluxos prioritariamente para o transporte ferroviário, sinalizando para que esta modalidade pudesse aumentar sua participação na matriz de transporte referente aos produtos estudados em 27%, principalmente com destino a Paranaguá.

Por outro lado, a entrada em operação da FERROESTE não provocou alterações significativas nesta distribuição modal. Isso se deve ao estrangulamento existente no trecho Guarapuava-Ponta Grossa (Estação Engenheiro Gutierrez), contíguo à FERROESTE, e ao frete ferroviário. Todo o volume passa a ser transportado pela ferrovia quando se corrige o estrangulamento, assim como quando se estabelece o frete ferroviário em U$20,25/*t*.

A não atribuição de fluxo persistiu quando foram exploradas eventuais extensões da FERROESTE, com ramais para Foz do Iguaçu e Guaíra. Observou-se, contudo, que o transporte ferroviário com origem em Guaíra seria competitivo pelo trajeto Guaíra-Cianorte-Maringá-Paranaguá, diferentemente do traçado no projeto da ferrovia.

O outro ramal Cascavel-Foz do Iguaçu, porém, demonstrou sua funcionalidade numa eventual ferrovia unindo Foz do Iguaçu-Cascavel-Campo Mourão-Maringá. Por esta ferrovia poderiam ser movimentadas cerca de 2 milhões de *t*/ano de grãos e farelo de soja em 2003, produtos que têm a característica de suprimento do mercado interno brasileiro, seja por produtos paranaenses, seja por produtos argentinos importados. Sem incorrer na necessidade de transbordo para outro modal, esses produtos poderiam integrar-se à malha ferroviária do Estado de São Paulo, ganhando a notoriedade de uma autêntica "ferrovia do MERCOSUL".

Também, podem ser destacados alguns investimentos prioritários às ferrovias paranaenses. Quanto àqueles que dizem respeito à expansão da malha existente, o aumento da capacidade do trecho Curitiba-Paranaguá é prioritário, uma vez que o trecho representa um gargalo para onde fluem todas as linhas ferroviárias para o Porto de Paranaguá. Já para 2003, a capacidade atual não comportaria o volume de tráfego necessário. Também é prioritária a correção do estrangulamento do trecho Guarapuava-Ponta Grossa para viabilizar o uso da FERROESTE. Porém, esta medida deve ser complementada pela redução do frete ferroviário de Cascavel a Paranaguá.

No que diz respeito aos investimentos para expansão da malha, dois novos ramais podem ser destacados. Um primeiro, unindo Guaíra a Maringá, e outro, que uniria Foz do Iguaçu-Cascavel-Maringá, passando por Campo Mourão.

A participação das ferrovias em sistemas intermodais também foi avaliada. Isso se deve aos crescentes requisitos em relação à eficiência do sistema logístico, condição básica para a competitividade da economia, que trouxe à tona a importância da complementaridade entre as modalidades de transporte, que é a intermodalidade. A preocupação mais recente com a competitividade dos países nos mercados externos reforçou a discussão provocada pelas crises do petróleo dos anos 70, o que fez com que os países reavaliassem a estrutura de divisão modal de cargas e passageiros. Com essa nova realidade, intenciona-se que todas as potenciais modalidades de transporte funcionem eficientemente, garantindo menores custos de deslocamentos de mercadorias entre origens e destinos. No caso do Brasil, a preocupação está presente no Plano Plurianual 1996-99, que prioriza os corredores de transporte multimodais integrados.

No caso do Estado do Paraná, o transporte intermodal foi competitivo, aos fretes utilizados, apenas para as rotas com destino para São Paulo, com origem em Foz do Iguaçu e em Pato Branco. Por outro lado, o

custo de transbordo não alterou o ranque do transporte intermodal entre as alternativas investigadas.

Além disso, os resultados das explorações da intermodalidade sinalizaram para a importância da existência do terminal ferro-rodoviário a ser localizado em Guarapuava.

Pode-se destacar algumas contribuições deste estudo. Primeira, ficou demonstrado que a utilização mais intesiva do transporte ferroviário pode ser uma importante forma de conferir vantagens competitivas à produção agrícola paranaense. Neste sentido, os formuladores da política de transportes devem estabelecer parâmetros que dizem respeito ao aprimoramento dos serviços prestados por esta modalidade. Segunda, o estudo sinalizou para construção de alguns ramais ferroviários, um sinal importante no momento por que passa o País e o Estado do Paraná, de discussões para soluções de problemas associados à funcionalidade da infra-estrutura econômica. Finalmente, pode-se destacar a contribuição deste estudo no que diz respeito a um futuro próximo, quando forem detectados potenciais estrangulamentos que podem ser corrigidos antecipadamente.

Cabe salientar algumas limitações do presente estudo. Inicialmente, é importante destacar que a análise de problemas relacionados a transporte de mercadorias é prejudicada, quando a delimitação geográfica circunscreve-se a uma região ou Estado, como foi o caso. Os estudos são mais aperfeiçoados, quando tratam de outros critérios para delimitação como por área de abrangência, por exemplo. No caso deste estudo, a análise pode ser prejudicada pela dificuldade em se quantificar fluxos que não tenham como origem e destino Municípios no Estado do Paraná. Ainda, dificulta a incorporação de novas facilidades de transporte oferecidas em outros estados que possam interferir nos fluxos, em termos de rotas e de origens e destinos.

Outra limitação diz respeito à estimação de fretes ferroviários onde não existiam ferrovias. Eventualmente, fatores como relevo poderiam aumentar sensivelmente as distâncias, alterando os valores dos fretes

estimados e assim a competitividade da modalidade, ou mesmo inviabilizar financeiramente a obra.

Por outro lado, o estudo desenvolveu-se num período de transição nas condições da infra-estrutura de transporte no Paraná. Fatores como o Programa estadual de melhoria das condições das estradas, denominado Anel de Integração, a cobrança de pedágios nas rodovias e a gestão privada das ferrovias, sinalizam para um mercado de fretes ainda em acomodação.

Finalmente, deve-se destacar as diferentes óticas associadas à utilização da infra-estrutura de transporte. O estudo evidenciou a distribuição modal socialmente desejável, que é aquela que minimiza o custo total de transporte, de acordo com as restrições de capacidade de tráfego. Porém, na ótica do usuário, além do preço, outros elementos, tais como segurança, confiabilidade e agilidade, são avaliados na tomada de decisão sobre qual modalidade deva ser utilizada.

Além do mais, este estudo suscita algumas pesquisas futuras. Em função dos distúrbios no mercado de fretes no momento do desenvolvimento da pesquisa, cabe ressalvar que um estudo futuro que reflita estabilidade nos valores de frete pode ser importante para validar os resultados presentes. Por outro lado, estudos que versem sobre outros elementos associados à logística podem complementar esta pesquisa, dando mais subsídios à política de transportes. Além disso, este estudo identificou possíveis ramais em função de uma perspectiva de demanda. Estudos de viabilidade econômica e de engenharia poderiam corroborar a viabilidade destes novos empreendimentos ferroviários. Finalmente, mudanças nos portos brasileiros, na infra-estrutura de transporte de outros estados e disponibilização de novas modalidades e sistemas intermodais podem causar impactos na utilização dos sistemas de transporte do Estado do Paraná. Então, estudos que incorporem mudanças que ocorrem em outros Estados podem contribuir para aperfeiçoar este estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFAR. Associação Nacional dos Fabricantes de Rações. **Estimativa de consumo de matérias-primas para a fabricação de rações em função das projeções de produção do complexo dos produtos de origem animal (CPOA).** São Paulo: ANFAR, 1993.

ARBAGE, A. P. Análise econômica do transporte de soja em grão no Estado do Rio Grande do Sul (O caso do Porto de Cachoeira do Sul). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 34., Aracaju, 1996. **Anais.** Brasília: SOBER, 1996. p.1557-73.

ÂNGELO, C. F. Os transportes rodoviários e ferroviários de carga no Brasil: uma análise comparativa. São Paulo, 1985. 183p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Economia e Administração/Universidade de São Paulo.

____. O problema dos transportes rodoviários e ferroviários de carga no Brasil. **Estudos Econômicos,** v.17, n.1, p.89-104, jan.-abr./1987.

____. Trilhos sem rumo. **Problemas Brasileiros**, v.27, n.287, p.4-20, set.-out./1991.

BADEP. Banco de Desenvolvimento do Paraná S. A. **Ferrovia da produção:** análise do pré-estudo elaborado pela Cia. Vale do Rio Doce. Curitiba: BADEP, 1986. 126p.

BARAT, J. O investimento em transporte como fator de desenvolvimento regional: uma análise da expansão rodoviária no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v.23, n.3, p.25-52, jul.-set./1969.

____. **A evolução dos transportes no Brasil**. Rio de Janeiro: FIBGE-IPEA, 1978.

BAYLISS, B. **Transport policy and planning:** an integrated analytical approach. Washington: The World Bank, 1996. 68p.

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. p.71-100 (Estudos de Política Agrícola, 25)

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. RFFSA: o modelo de desestatização dos serviços de transporte de carga. **Revista Ferroviária,** v.56, n.9, p.47-55, set./1995.

BORGES, G. M. B. Soja: problemas de escoamento. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n.61, p.9-38, out.-dez./1977.

BOVY, P. H. L.; STERN, E. **Route choice**: wayfinding in transport networks. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990. cap. 6.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Secretaria de Transportes Aquaviários. Departamento de Portos. **Anuário estatístico portuário-1995.** Brasília: Ministério dos Transportes, 1997. 266p.

BROOKE, A.; KENDRICK, D.; MEERANS, A. **GAMS.** Washington: Gams Development Corporation, 1996. 171p.

BRUTON, M. J. **Introdução ao planejamento dos transportes.** São Paulo: Interciência/EDUSP, 1979. cap4.

CAIXETA FILHO, J. V. A modelagem de perdas em problemas de transporte. **Teoria e Evidência Econômica** v.3, n.6, p.49-62, 1995.

CAREY, M.; HENDRICKSON, C.; SIDDHARTHAN, K. A method for direct estimation of origin/destination trip matrices. **Transportation Science,** v.15, n.1, p.32-49, 1981.

CARNEIRO, D. Estrada de Ferro do Paraná. In: RFFSA. Rede Ferroviária Federal S. A./Superintendência Regional de Curitiba. **Estrada de Ferro Paranaguá-Curitiba**: uma viagem de 100 anos. Curitiba: RFFSA, 1985. p.99-111.

CASTRO, N. A retomada de investimentos em transportes. In: IPEA. **Perspectivas da economia brasileira-1987**. Brasília: IPEA/INPES, 1987. cap.8.

____. **Intermodalidade, intramodalidade e o transporte de longa distância no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, 1995. 21p. (Textos para Discussão, 367)

CASTRO, N.; LAMY, P. **A reforma e a modernização do setor de transporte ferroviário de carga.** Rio de Janeiro: IPEA, 1994. 61p. (Textos para Discussão, 339)

____. **Aspectos institucionais e regulatórios da integração de transportes do Mercosul.** Rio de Janeiro: IPEA, 1996. 97p. (Textos para Discussão, 444)

COATSWORTH, J. H. Indispensable railroad in a backward economy: The case of Mexico. **Journal of Economic History**, v.39, n.4, p.939-60, December/1979.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Previsão e acompanhamento de safras,** ano20, n.5, jul./1996.

CONSTANTINE, T. Traffic surveys. In: DAVIES, E. **Traffic engineering pratice.** London: E. & F. N. Spon Ltd., 1964.

COSTA, E. V. **Da colônia à senzala.** São Paulo: DIFEL, 1966.

DAHMS, L. D. Using transportation to achieve development goals. **Transportation Quartely**, v.37, n.2, p.193-202, April/1983 (Eno Foundation Joint Conference Technical Program- Panel Session: Economic Development and Transportation)

DINIZ, C. C.; LEMOS, M. B. Dinâmica regional e suas perspectivas no Brasil. In: IPEA. **Para a década de 90:** prioridades e perspectivas de políticas públicas. Brasília: IPEA/IPLAN, 1989. cap IV. Vol. 3 - População, emprego, desenvolvimento urbano e regional.

DOUGHERTY, M. A review of neural networks applied to transport. **Transportation Research,** v.3C, n.4, p.247-60, 1995.

DUNCAN, J. S. **Public and private operation of railways in Brazil**. New York: Columbia University Press, 1932. 243p.

FAEP. Federação da Agricultura do Estado do Paraná. **Paraná**: perda de competitividade da soja. Curitiba: FAEP, 1995. 45p.

FAIR , M. L.; WILLIAMS JR., E. W. **Economics of transportation**. New York: Harper & Brother Publishers, 1959. 684p.

FAYET, L. A. Central do Paraná: racionalização do sistema de circulação do Estado. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n.3, p.13-36,nov.dez./1967.

FERRAZ, J. C.; KUPFER, D.; HAGUENAUER, L. **Made in Brazil;** desafios competitivos para a indústria. Rio de Janeiro: Campus, 1995. cap. 3.

FERREIRA, C. M. C. As teorias da localização e a organização espacial da economia. In: HADDAD, P. R. (Org.). **Economia regional:** teoria e métodos de análise. Fortaleza: BNB/ETENEE, 1989. (Estudos Econômicos e Sociais, 36). cap. 2.

FERREIRA, P. C. **Infraestrutura no Brasil**: alguns fatos estilizados. Rio de Janeiro: FGV, 1994. (Ensaios Econômicos, 251)

FERREIRA, L R.; BURNQUIST, H. L.; AGUIAR, D. R. D. **Infraestrutura, comercialização e competitividade da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 1993. 63p. (Textos para discussão, 318)

FERROESTE. Estrada de Ferro Paraná Oeste S. A. **Report update**. Curitiba: SETR/PR-FERROESTE, 1990. 18p.

____. **Projeto FERROESTE/Institucional**. Curitiba: SETR/PR-FERROESTE, 1994. 6p.

____. **Report update**. Curitiba: SETR/PR-FERROESTE, 1995. 16p.

FERROVIA da produção. Curitiba: MT/RFFSA/GEIPOT/SETR-PR, 1986. 31p. (Relatório da Comissão MT/RFFSA/GEIPOT/SETR-PR)

FERROVIA da soja. **Análise Conjuntural,** v.2, n.2, p.10-3, fev.-mar./1980.

FIBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões de influência das cidades.** Rio de Janeiro: FIBGE, 1987.

FOGEL, R. W. **Railroads and american economic growth:** essays in econometric history. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1964. cap6.

FREMDLING, R. Railroads and german economic growth: a leading sector analysis with a comparison to the United States and Great Britain. **Journal of Economic History**, v.37, n.3, p.583-604, September/1977.

FULLER, S.; RANDOLPH, P.; KLINEMAN, D. Optimal subindustry marketing organization: a network flow model. In: KOO, W. W.; LARSON, D. W. **Transportation models for agricultural products.** Boulder: Westview Press, 1985. cap.7.

FURTADO, J. F. G. A ferrovia e a economia paranaense no período 1979-89. Curitiba: 1991. 108p. Monografia (Graduação) - Faculdade de Administração e Economia/PUC-PR

GALVÃO, O. J. A. Os transportes no Brasil como um problema de política pública: uma perpectiva histórica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 23., Salvador, 1995. **Anais.** Salvador: ANPEC, 1995. p.307-23. vol.2.

GEIPOT. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. **Estudo de transportes do Brasil**: estudos rodoviários. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1969. (Vol. XII-A - Coordenação dos estudos: princípios, metodologia e procedimentos)

____. **Critérios de amostragem para pesquisas de origem/destino**. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1972a.

____. **Manual de origem/destino.** Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1972b.

____. **Estudo sobre o transporte rodoviário de carga**. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1984.

____. **Anuário estatístico dos transportes** Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1994a.

____. **Corredores de transporte:** corredor do Paraná/Santa Catarina. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1994b. 58p.

____. **Estudos específicos para análise de movimentaação portuária:** Porto de Paranaguá. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1994c.

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

GUARIM, I. Análise da competitividade inter-regional da soja em grão no mercado brasileiro. Viçosa, 1992. 116p. Tese (Mestrado) - Departamento de Economia Rural/Universidade Federal de Viçosa.

GUIA QUATRO RODAS. **Guia Brasil-1994.** São Paulo: Abril, 1994.

HAMERSLAG, R.; IMMERS, B. H. Estimation of trip matrices: shortcomings and possibilities for improvement. **Transportation Research Record 1203,** p.27-39, 1988.

HANSSON, L.; NILSSON, J. E. A new swedish railroad policy: separation of infrastructure and traffic production. **Transportation Research,** v.25A, n.4, p.153-59, July/1991.

HEYMANN JR., H. Os objetivos dos transportes. In: FROM, G. (Comp.) **Transporte e desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Victor Publicações, 1965. cap.2.

HOEL, L. A. Systems planning and programming methodology freight movement. **TRB - Special Record 146,** 1974.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Subsídios ao diagnóstico sócio-econômico do Paraná:** inventário da infra-estrutura. Curitiba: IPARDES, 1979. cap4.

ITANI, A. F. Transportes, globalização e as questões da qualidade e produtividade. **Revista dos Transportes Públicos**, v.8, n.4, p.19-31, 1995.

KANAFANI, A. K. **Transportation demand analysis.** Berkeley: Graw-Hill, 1983.

KAWAMOTO, E. Verificação da matriz ponto-de-origem/ponto-de-destino de uma linha de transporte coletivo obtida a partir de dados de embarque desembarque. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 8., Recife, 1994. **Anais.** Recife: ANPET, 1994. p.41-9, vol.2.

KNEAFSEY, J. T. **Transportation economic analysis.** Massachusetts: Lexington Books, 1978. cap.10.

KONINGS, J. W. Integrated centres for the transshipment, storage, collection and distribution goods. **Transport Policy**, v.3, n.1/2, p.3-11, 1996.

KOO, W. W.; LARSON, D. W. **Transportation models for agricultural products.** Boulder: Westview Press, 1985. cap.1.

KOO, W. W.; THOMPSON, S. R.; LARSON, D. W. Alternative transportation rate and cost structure: a linear programming model. In: KOO, W. W.; LARSON, D. W. **Transportation models for agricultural products.** Boulder: Westview Press, 1985. cap.7.

LARDNER, D. **Railway economy**: a treatise on the new art of transport. New York: August M. Kelley Publishers, 1968. 412p.

LEONTIEF, W. Input-output analysis. In: ____. **Input-output economics.** New York: Oxford University Press, 1966. cap.7. (Texto originalmente publicado em 1965)

____. Multiregional input-output analysis. In: ____. **Input-output economics.** New York: Oxford University Press, 1966. cap.11. (Texto originalmente publicado em 1963)

LIEB, R. C. **Transportation**: the domestic system. Reston: Reston Publishing Co., 1978. cap.7.

LICIO, A. Os eixos estruturados e os corredores de transportes. **Revista de Política Agrícola.** v.4, n.4, p.3-4, out.nov.dez./1995.

LOCKLIN, D. P. **Economics of transportation**. Homewood: Richard D. Irwin Inc., 1954. 916p.

MACHADO, N. P. Sistema intermodal de transporte do Paraná. **Análise Conjuntural,** v.9, n.6, p.3-6, jun./1987.

MAGALHÃES FILHO, F. B. B. Oportunidades da agroindústria no Paraná. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n.41, p.45-60, mar.-abr./1974.

MAIA, S. F.; SILVA, O. M.; CAMPOS, A. C.; LEITE, C. A. M. Importação X produção doméstica: uma análise da competitividade do trigo no Paraná .

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 34., Aracaju, 1996. **Anais.** Brasília: SOBER, 1996. p.1473-94, vol.II.

MARQUES, S. A. **Privatização do sistema ferroviário brasileiro**. Rio de Janeiro: IPEA, 1996. 67p. (Textos para Discussão, 434)

MARTINS, R. S.; MASSOLA, P. M. A dinâmica da agricultura paranaense nos anos 70 e 80: o caso das culturas de verão. **Revista de Economia e Sociologia Rural,** vol.32, n.3, p.305-21 jul.-set./1994.

____. O desempenho da agricultura paranaense nos anos 90: o caso das culturas de verão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 33., Curitiba, 1995. **Anais.** Brasília: SOBER, 1995. p.391-406, vol.I.

McNEIL, S.; HENDRICKSON, C. A regression formulation of the matrix estimation problem. **Transportation Science,** v.19, n.3, p.278-92, 1985.

METRÔ. Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro. **Plano integrado de transportes.** Rio de Janeiro: METRÔ, 1976. (Minuta do Relatório Final - Volume II)

METZER, J. Railroads development and market integration: the case of Tsarist Russia. **Journal of Economic History**, v.34, n.3, p.529-50, September/1974.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-output analysis:** foundations and extensions. New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1985.

MISSES, S. Em busca do planejamento. **Revista Ferroviária**, v.54, n.4, p.30-2, abr./1993.

MONTEIRO, J. A. O milho no Brasil: considerações econômicas. **Informe Agropecuário,** v.14, n.164, p.5-9, 1990.

MONTEIRO, N. Parcerias para concluir a integração. **Gazeta Mercantil**, Curitiba, 22 dez. 1997. p.9 (Relatório da Gazeta Mercantil: Paraná S. A.)

MUSKIN, J. B. The physical distribution infrastrucutre. **Transportation Quartely,** v.37, n.1, p.115-33, January/1983.

NICHOLLS JR., T. E. Transportation and regional development in agriculture. **American Journal of Agricultural Economics**, v.51, n.5, p.1455-63, December/1969.

NOVAES, A. G. **Métodos de otimização:** aplicações aos transportes. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1978. 463p.(Série Transesp, 1)

____. **Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1982. 289p.

____. **Sistemas de transportes.** São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1986. cap. 3 (Volume I - Análise da demanda)

OLIVEIRA, J. C. V. Análise do transporte de soja, milho e farelo de soja na Hidrovia Tietê-Paraná. Piracicaba, 1996. 136p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo.

ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling transport.** Chichester: John Wiley & Sons, 1995.

OWEN, W. Transportation and economic development. **American Economic Review,** v.49, n.2, p.79-88, May/1959. (LXXIº Annual Meeting of the American Economic Association - Panel Session: Special Problems Facing Underdeveloped Countries)

____. Perspective: Transportation's past and future. **Transportation Quartely**, v.37, n.2, p.166-93, April/1983. (Eno Foundation Joint Conference Technical Program- Panel Session: Changing Concepts of Transportation)

PADIS, P. C. **Formação de uma economia periférica:** o caso do Paraná. São Paulo: HUCITEC, Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981. 235p.

PARANÁ (Estado). Secretaria dos Transportes. **Paraná:** logística e multimodalidade. Curitiba: SETR/PR, 1996. 23p.

PEREZ, J. E. G. A integração Brasil-Argentina: um estudo da competitividade na produção de grãos. Porto Alegre, 1988. 252p. Tese (Mestrado)- Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas/Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PETERSON, E. B.; HAMBURG, J. R. Travel surveys: current options. **Transportation Research Record 1097,** p.1-10, 1986.

PICCININI, M. S. A infra-estrutura nas diferentes esferas do setor público e a participação da iniciativa privada. **Revista do BNDES,** v.3, n.6, p.79-114, dez./1996.

PRASTACOS, P.; ROMANOS, M. A multiregional optimization model for allocating transportation investments. **Transportation Research,** v.21B, n.2, p.133-48, 1987.

PRIVATIZAÇÃO da Rede Ferroviária Federal e da Rede Federal de Armazéns Gerais e Ferroviários. **Revista Ferroviária,** v.56, n.6, p.22-8, jun./1995.

RATTON NETO, H. X. O futuro das ferrovias. **Revista Ferroviária,** v.54, n.12, p.31-2, dez./1993.

RESENDE, P.; GUILHOTO, J. J. M.; HEWINGS, G. J. D. **Free trade and transportation infrastructure in Brazil:** towards an integrated approach. Illinois: Regional Economics Applications Laboratory, 1997. 23p. (Discussion Papers)

RIBEIRO, O. As malhas ferroviárias Paraná-Santa Catarina: cem anos de história. In: RFFSA. Rede Ferroviária Federal S. A./Superintendência Regional de Curitiba. **Estrada de Ferro Paranaguá-Curitiba**: uma viagem de 100 anos. Curitiba: RFFSA, 1985. p.221-243.

ROBERTS, P. O. The transport model. In: KRESGE, D. T.; ROBERTS, P. O. **Systems analysis and simulation models**. Washington: The Brookings Institutions, 1974. cap3. vol.II.

ROESSING, A. C. Situação mundial das oleaginosas. **Informe CNPSO-Soja e Outras Leguminosas**, v.2, n.3, p.5-17, dez./1996.

ROSA, B. Situação do trigo no Brasil. **Revista de Política Agrícola,** v.6, n.1, p.5-9, jan.fev.mar./1997.

SAPSA/DNER. Serviço de Assessoria, Planejamento e Engenharia S. A./ Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Demanda atual de transportes**. Brasília: DNER, 1978. (Plano Diretor Rodoviário- Vol. II)

SAVAGE, C. **An economic history of transport**. London: Hutchinson, 1959. 216p.

SEVERO, J. R. A agricultura no MERCOSUL. **Revista de Política Agrícola.** v.6, n.2, p.22-8, abr.maio.jun./1997.

SILVA, A. B. O.; CONSIDERA, C. M.; VALADÃO, L. F. R.; MEDINA, M. H. **Produto interno bruto por unidade da federação.** Rio de Janeiro: IPEA, 1996. 105p. (Textos para Discussão, 424)

SONDOTÉCNICA S. A. **Metodologia para a análise do levantamento de origem-destino.** São Paulo, SONDOTÉCNICA, 1973.

SONDOTÉCNICA S. A/SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Transportes. **Sistema de planejamento de transportes do Estado de São Paulo.** São Paulo: SETR/SP, 1977.

SOUSA, R. A.; PRATES, H. F. O processo de desestatização da RFFSA; principais aspectos e primeiros resultados. **Revista do BNDES,** v.4, n.8, p.119-42, dez./1997.

SOUSA, E. L. L.; MARQUES, P. V. **Análise do sistema agroindustrial do milho no Brasil.** Piracicaba: USP/ESALQ/DESR, 1996. (Série Pesquisa, 53)

STASINOPOULOS, D. Common transport infrastructure policy and development of trans-european networks. **Journal of Transport - Economics and Policy**. v.29, n.2, p.220-22, May/1995.

SUGAI, Y; VIEIRA, R. C. M. T.; TEIXEIRA FILHO, A. R.; BENEVENUTO, A.; OLIVEIRA, A. J. Um modelo global do setor agrícola: grãos no Brasil. In: VIEIRA, R. C. M. T. **Avaliação global do setor agrícola:** grãos no Brasil. Brasília: IPEA/Projeto PNUD, 1994. p.3-67 (Estudos de Política Agrícola, 25)

TEIXEIRA, E. C.; HOOLOWAY, G. J. Impact of the Uruguay round agreement and mercosul on the Brazilian economy. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 34., Aracaju, 1996. **Anais.** Brasília: SOBER, 1996. p.1557-73, vol. II.

TRENS movimentam a América. **Revista Ferroviária,** v.54, n.11, p.30-1, nov./1993.

TSUNECHIRO, A.; FERREIRA, C. R. R. P. T.; MORICOHI, L. Produtividade da cultura do milho no Brasil: evolução e diferenças estaduais. **Agricultura em São Paulo**, v.43, n.2, p.117-37, 1996.

UFSC/NDTT. Universidade Federal de Santa Catarina/Núcleo de Desenvolvimento Tecnológico de Transportes. **Estudos de dimensionamento, racionalização e integração dos transportes em Santa Catarina.** Florianópolis: UFSC/NDTT, 1984.

WAQUIL, P. D. Primal-dual spacial equilibrium model with intermediate products: application to the agricultural sector in the MERCOSUR. Madison, 1995. 249P. Tese (PhD.) - University of Wisconsin.

WERNER, W. Estrada de ferro Paranaguá-Curitiba: 100 anos ferrovia e ferroviários. In: RFFSA. Rede Ferroviária Federal S. A./Superintendência Regional de Curitiba. **Estrada de Ferro Paranaguá-Curitiba**: uma viagem de 100 anos. Curitiba: RFFSA, 1985. p.37-68.

WILKINSON, J. Competitividade da agroindústria brasileira. **Agricultura em São Paulo**, v.42, n.1, p.27-57, 1995.

WRIGHT, C. L. **Análise econômica de transporte e armazenagem de grãos:** estudo do corredor de exportação de Paranaguá. Brasília: Ministério dos Transportes/GEIPOT, 1980. 187p.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - CONSUMO DE GRÃOS NO ESTADO DO PARANÁ

Tabela A1.1 - População e efetivos de suínos e de aves, por pólo, no Estado do Paraná.

Pólo	População[1]	Rebanhos (em cabeças)[2]	
	(em hab.)	Suínos	Aves
Curitiba	2.462.365	371.727	5.996.009
Londrina	963.294	266.396	4.679.197
Ponta Grossa	836.043	2.056.514	1.276.131
Apucarana	261.250	59.128	2.086.471
Campo Mourão	362.935	249.516	1.769.438
Cascavel	714.475	908.955	24.333.208
Cornélio Procópio	519.772	223.650	5.023.440
Maringá	815.953	121.199	4.323.735
Paranaguá	186.803	10.587	118.390
Pato Branco	605.147	522.677	20.083.496
Umuarama	416.349	116.562	2.632.763
Guarapuava	450.796	288.295	2.615.782
Foz do Iguaçu	350.409	196.718	6.714.175

Fonte: 1- População projetada para o ano de 1995 pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) e obtida na Base Pública de Dados (IPARDES).

2- Dados do IBGE obtidos na Base Pública de Dados (IPARDES) para 1993.

Tabela A1.2 - Estimativa de Consumo de milho e farelo no Estado do Paraná, segundo destinações para consumos humano, avícola e suinícola.

Pólo	Estimativas de consumo (em *t*)				
	Milho			Farelo	
	Humano	Aves	Suínos	Aves	Suínos
Curitiba	75.139	15.991	72.235	6.295	29.097
Londrina	29.395	12.479	73.285	4.913	27.971
Ponta Grossa	25.512	25.139	133.231	9.897	50.851
Apucarana	14.496	5.564	16.266	2.190	6.208
Campo Mourão	11.075	4.719	68.641	1.857	26.199
Cascavel	21.082	64.896	250.053	25.549	95.440
Cornélio Procópio	15.860	13.397	61.526	5.274	23.483
Maringá	24.899	11.531	33.341	4.539	12.725
Paranaguá	5.700	315	2.912	124	1.111
Pato Branco	18.466	53.562	143.788	210.876	143.788
Umuarama	12.704	7.021	32.066	2.764	12.239
Guarapuava	13.756	6.972	79.309	2.746	30.270
Foz do Iguaçu	10.692	6.714	54.117	2.643	20.655
TOTAL	**279.496**	**228.304**	**1.020.770**	**279.667**	**480.037**

Tabela A1.3 - Estimativas de composição de rações (em %), por macroelementos e por destinação.

Macroelementos	Avicultura		Suinocultura	Pecuária
	de corte	de postura		de leite
Milho	63,5	59,5	65,5	23,0
Farelo de soja	25,0	17,0	17,0	-
Farelo de carne	4,4	4,7	3,5	-
Farelo de trigo	1,2	6,3	8,8	23,0
Farelo de amendoim	-	-	-	5,0
Farelo de arroz desengord.	-	-	-	10,0
Farelo de algodão	-	-	-	20,0
Sorgo	3,5	3,5	3,5	7,0
Calcáreo	0,7	7,5	0,7	1,5
Sal comum	0,3	0,3	0,5	0,5
Fosfato Bicálcio Farinha de ossos	0,2	-	0,3	1,0

Fonte: ANFAR (1993)

APÊNDICE 2 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E CAPACIDADE (EM *T*/DIA) DE EMPRESAS AGROINDUSTRIAIS NO ESTADO DO PARANÁ

Tabela A2.1 - Distribuição espacial e capacidade (em *t*/dia) das empresas de processamento de oleaginosas no Estado do Paraná.

Pólo	Localização	Capacidade (*t*/dia)
Curitiba	Araucária	3.000
Londrina	Londrina	1.600
	Cambé	2.550
	Ibiporã	600
	Rolândia	600
Ponta Grossa	Ponta Grossa	9.100
Apucarana	Apucarana	730
Campo Mourão	Campo Mourão	1.600
Cascavel	Cascavel	1.250
	Toledo	610
	Mal. Cândido Rondon	600
	Céu Azul	1.000
Maringá	Maringá	6.470
	Sarandi	350
Paranaguá	Paranaguá	2.000
Pato Branco	Dois Vizinhos	400
	Clevelândia	1.500
	Francisco Beltrão	450
Guarapuava	Guarapuava	1.300

Fonte: ABIOVE

Tabela A2.2 - Distribuição espacial e capacidade (em t/ano) dos moinhos de trigo no Estado do Paraná.

Pólo	Localização	Capacidade (t/ano)[a]
Curitiba	Curitiba	335.200
	Pinhais	90.000
	Pien	7.200
Londrina	Londrina	81.000
	Sertanópolis	45.000
Ponta Grossa	Ponta Grossa	231.000
	Irati	18.000
	Bom Sucesso do Sul	2.100
	São João	4.500
Apucarana	Apucarana	6.000
	Arapongas	13.800
Campo Mourão	Campo Mourão	6.000
Cascavel	Cascavel	5.400
	Toledo	16.200
	Mal. Cândido Rondon	22.500
	Céu Azul	15.000
	Quatro Pontes	4.500
	Nova Aurora	1.800
	Cap. Leôn. Marques	3.600
	Diamante do Oeste	3.300
	Ubiratã	12.00
	Palotina	60.000
Cornélio Procópio	-	-
Maringá	Cianorte	6.000
	Marialva	8.700
Paranaguá	Paranaguá	-

(continua...)

(...continuação da Tabela A2.2)

Pólo	Localização	Capacidade (t/ano)[a]
Pato Branco	Pato Branco	18.600
	Coronel Vivida	7.200
Umuarama	Japurá	6.600
Guarapuava	Guarapuava	27.600
	Laranjeiras do Sul	15.000
	União da Vitória	12.600
	Nova Laranjeiras	1.800
Foz do Iguaçu	-	

Fonte: ABITRIGO
a - Equivalente a 300 dias de operação no ano.

APÊNDICE 3 - DISTÂNCIAS RODOVIÁRIAS E FERROVIÁRIAS ENTRE OS PÓLOS NO ESTADO DO PARANÁ

Tabela A3.1 - Distâncias rodoviárias (em *km*) entre os pólos no Estado do Paraná.

	LDR	PGS	APC	CPO	CSC	COP	MGA	PGA	PBR	UMA	GVA	FIG
CWB	379	114	368	477	498	440	428	90	433	613	258	637
LDR	-	273	54	211	393	66	114	469	643	304	336	532
PGS		-	255	363	409	326	314	204	350	499	165	523
APC			-	156	338	120	59	458	589	250	282	477
CPO				-	182	196	97	567	432	112	216	325
CSC					-	459	279	588	250	145	250	143
COP						-*	180	530	709	370	402	598
MGA							-	518	757	190	341	418
PGA									513	703	348	727
PBR									-	395	185	326
UMA										-	395	288
GVA											-	389

Fonte: Guia Quatro Rodas (1994)

* 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 Procópio (COP), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

Tabela A3.2 - Distâncias ferroviárias (em *km*) entre os pólos no Estado do Paraná.

	LDR	PGS	APC	CPO	CSC	COP	MGA	PGA	PBR	UMA	GVA	FIG
CWB	519	151	467	844[a]	631	768	531	114	487[a]	800[a]	271	798[a]
LDR	-	383	52	459[a]	442[a]	92	116	633	1000[a]	338[a]	514[a]	609[a]
PGS		-	331	725[a]	512	425	397	265	381[a]	681[a]	238	679[a]
APC			-	177[a]	390[a]	144	64	581	688[a]	286[a]	462[a]	557[a]
CPO				-	212[a]	321[a]	113[a]	958[a]	505[a]	131[a]	461[a]	380[a]
CSC					-	534[a]	326[a]	745	292[a]	169[a]	248	167[a]
COP						-	208	725	1.093[a]	430[a]	615[a]	775[a]
MGA							-	645	885[a]	222[a]	398[a]	493[a]
PGA								-	601[a]	914[a]	385	912[a]
PBR									-	462[a]	216[a]	833[a]
UMA										-	417[a]	337[a]
GVA											-	415[a]

Fonte: RFFSA (1994), FERROESTE (1990) e (a) valores projetados por este 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 Procópio (CPO), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

APÊNDICE 4 - PROGRAMAÇÕES UTILIZADAS PARA O *SOFTWARE* GAMS

APÊNDICE 4.1 - PROGRAMAÇÃO UTILIZADA PARA DETERMINAÇÃO DA MATRIZ ORIGEM-DESTINO PARA MILHO, SOJA, FARELO DE SOJA E TRIGO NO ESTADO DO PARANÁ

```
SETS
     i polos
     /p1 * p13/
     p produto
     /mil, flo, tgo, soja/;
    alias (i,j);
TABLE O(i,p) oferta do produto p no polo i
      mil          flo          tgo          soja
p1    202942.5     447564.2     4483.4       90065.6
p2    477010.5     481252.2     139481.9     515405.4
p3    765428.4     952042.3     110063.2     580303.7
p4    170676.4     76372.5      16712.5      88414.4
p5    285617.8     167392       158024       763861.1
p6    936442.2     361985.3     209959       1283522.2
p7    318208.2     212598       137795.9     349653.6
p8    205499       4363594.8    77630.8      836531.2
p9    627.3        209240.1     0            0
p10   1014643.5    245857.1     78396        554361.2
p11   92702        122472       12288.1      117229.8
p12   582048.7     136006.5     24328.5      266553.4
p13   226896.1     233334       14976.8      510157.1;
TABLE D(j,p) demanda do produto p no polo j
      mil          flo       tgo          soja
p1    163365       35392     396803.6     399821.9
p2    1744531      32884     110515.6     613060.2
p3    1898369      60748     224188.9     1212792.9
p4    36326        8398      17366.7      97289.9
p5    84435        28056     5262.6       213238.3
p6    336751       120989    131303.1     461127.9
p7    318249.6     28757     0            0
p8    69771        17264     18682.4      863615.1
p9    187774       7250007   4235         1608661.9
p10   215816       354664    19998.1      313193.8
p11   51791        15003     5788.9       0
p12   100041       33016     49995.2      173256.7
p13   71523        23298     0            0;
TABLE K(i,j) distancia entre os polos
      p1  p2  p3  p4  p5  p6  p7  p8  p9  p10  p11  p12  p13
p1    0   379 114 368 477 498 440 428 90  433  613  258  637
p2    379 0   273 54  211 393 66  114 469 643  304  336  532
p3    114 273 0   255 363 409 326 314 204 350  499  165  523
```

```
p4    368 54  255 0   156 338 120 59  458 589  250  282  477
p5    477 211 363 156 0   182 196 97  567 698  112  216  325
p6    498 393 409 338 182 0   459 279 588 250  145  250  143
p7    440 66  326 120 196 459 0   180 530 709  370  402  598
p8    428 114 314 59  97  279 180 0   518 757  190  341  418
p9    90  469 204 458 567 588 530 518 0   513  703  348  727
p10   433 643 350 589 698 250 709 757 513 0    395  185  326
p11   613 304 499 250 112 145 370 190 703 395  0    395  288
p12   258 336 165 282 216 250 402 341 348 185  395  0    389
p13   637 532 523 477 325 143 598 418 727 326  288  389  0;
VARIABLES
X(i,j,p)
Z funcao objetivo
POSITIVE VARIABLES X;
EQUATIONS
Distancia
Oferta (i,p)
Demanda (j,p);
Distancia.. Z=E=SUM((i,j,p), K(i,j)*X(i,j,p));
Oferta(i,p).. SUM(j, X(i,j,p))=L=O(i,p);
Demanda(j,p).. SUM(i, X(i,j,p))=G=D(j,p);
MODEL ORIDEST /ALL/ ;
SOLVE ORIDEST MINIMIZING Z USING LP;
DISPLAY X.L;
```

APÊNDICE 4.2 - PROGRAMAÇÃO UTILIZADA PARA DETERMINAÇÃO PARA A DISTRIBUIÇÃO MODAL ÓTIMA PARA MILHO, SOJA, FARELO DE SOJA E TRIGO NO ESTADO DO PARANÁ

```
*DISTRIBUICAO OTIMA EM 1995 COM A INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE *DISPONIVEL
SETS
     i polos
     /p1 * p13/;
     alias (i,j);
TABLE A(i,j) matriz od para graos em 1995
       p1          p2          p3          p4          p5          p6     p7
p1     0           0           0           0           0           0      0
p2     0           0           0           0           0           0      0
p3     0           0           0           0           0           0      0
p4     0           187388.9    0           0           0           0      0
p5     0           439303.9    458636.5    0           0           0      41.4
p6     0           548247.6    0           0           84435       0      0
p7     78146.1     235450.7    173852.7    0           0           0      0
p8     0           217373.1    0           67777.5     0           0      0
p9     238359      0           0           0           0           0      0
p10    81110.4     0           1615729.6   0           0           0      0
p11    0           48473       0           0           109326.4    0      0
p12    266553.4    325.4       481682.3    0           0           0      0
p13    0           850605.9    319744      0           0           0      0
+      p8          p9          p10         p11         p12         p13
p1     0           486692.9    0           0           0           0
p2     0           448368.2    0           0           0           0
p3     0           891294.3    0           0           0           0
p4     0           76372.5     0           0           0           0
p5     0           134379      0           0           206272.7    0
p6     69771       1063390.6   0           0           0           0
p7     0           183841      0           0           0           0
p8     0           4337932.8   0           0           0           0
p9     0           0           0           0           0           0
p10    0           388736.6    0           0           16487.8     0
p11    35959.4     79413       0           0           0           0
p12    0           136006.5    0           0           0           0
p13    0           610151.1    108806.7    0           0           0;
TABLE CR(i,j) fretes rodoviarios
       p1          p2          p3          p4          p5          p6          p7
p1     0           0           0           0           0           0           0
p2     0           0           0           0           0           0           0
p3     0           0           0           0           0           0           0
p4     0           5.28        0           0           0           0           0
p5     0           10.81       16.16       0           0           0           10.28
p6     0           17.22       0           0           9.79        0           0
p7     18.87       5.71        14.86       0           0           0           0
p8     0           7.39        0           5.46        0           0           0
p9     6.55        0           0           0           0           0           0
p10    18.62       0           15.7        0           0           0           0
p11    0           14.08       0           0           7.33        0           0
p12    12.46       15.21       9.19        0           0           0           0
p13    0           22.11       21.79       0           0           0           0
+      p8          p9          p10         p11         p12         p13
p1     0           6.55        0           0           0           0
p2     0           19.89       0           0           0           0
p3     0           10.56       0           0           0           0
p4     0           19.5        0           0           0           0
p5     0           23.34       0           0           10.99       0
p6     13.2        24.08       0           0           0           0
p7     0           22.04       0           0           0           0
```

```
p8    0         21.62     0         0         0         0
p9    0         0         0         0         0         0
p10   0         21.44     0         0         9.9       0
p11   10.07     28.13     0         0         0         0
p12   0         15.63     0         0         0         0
p13   0         28.97     14.86     0         0         0;
TABLE CF(i,j) fretes ferroviarios
       p1        p2        p3        p4        p5        p6        p7
p1     0         0         0         0         0         0         0
p2     0         0         0         0         0         0         0
p3     0         0         0         0         0         0         0
p4     0         500       0         0         0         0         0
p5     0         500       500       0         0         0         500
p6     0         500       0         0         500       0         0
p7     28.23     500       15.62     0         0         0         0
p8     0         4.26      0         500       0         0         0
p9     5.95      0         0         0         0         0         0
p10    500       0         500       0         0         0         0
p11    0         500       0         0         500       0         0
p12    8.63      500       7.59      0         0         0         0
p13    0         500       500       0         0         0         0
+      p8        p9        p10       p11       p12       p13
p1     0         5.95      0         0         0         0
p2     0         23.26     0         0         0         0
p3     0         9.13      0         0         0         0
p4     0         18.74     0         0         0         0
p5     0         500       0         0         500       0
p6     500       500       0         0         0         0
p7     0         23.75     0         0         0         0
p8     0         17.22     0         0         0         0
p9     0         0         0         0         0         0
p10    0         500       0         0         500       0
p11    500       500       0         0         0         0
p12    0         12.27     0         0         0         0
p13    0         500       500       0         0         0;
VARIABLES
TR(i,j)
TF(i,j)
Z funcao objetivo
POSITIVE VARIABLES TR, TF;
EQUATIONS
Custo
Distrib(i,j)
REST1
REST3;
Custo.. Z=E=SUM((i,j), ((CR(i,j)*TR(i,j))+(CF(i,j)*TF(i,j))));
Distrib(i,j).. TR(i,j)+TF(i,j)=e=A(i,j);
REST1..
TF("p2","p3")+TF("p2","p9")+TF("p4","p3")+TF("p4","p9")+TF("p8","p3")+TF("p8"
,"p9")=L=8823168;
REST3..
TF("p1","p9")+TF("p2","p9")+TF("p3","p9")+TF("p4","p9")+TF("p5","p9")+TF("p6"
,"p9")

+TF("p7","p9")+TF("p8","p9")+TF("p10","p9")+TF("p11","p9")+TF("p12","p9")
         +TF("p13","p9")=L=11128320;
OPTION ITERLIM=1000000;
OPTION RESLIM=1000000;
MODEL ATUALSFEW /ALL/ ;
OPTION LIMROW=0;
OPTION LIMCOL=0;
SOLVE ATUALSFEW MINIMIZING Z USING LP;
```

APÊNDICE 5 - INFORMAÇÕES SOBRE ROTAS

Tabela A5.1 - Rotas rodoviárias utilizadas para estimação da função de frete para o transporte de grãos e farelo de soja no Estado do Paraná.

Origem	Destino	Distância (em *km*)
Londrina	Curitiba	379
Assaí	Paranaguá	480
Cascavel	Paranaguá	588
Londrina	Paranaguá	469
Maringá	Paranaguá	518
Ponta Grossa	Paranaguá	210
Ubiratã	Paranaguá	650
Castro	Paranaguá	280
Santa Mariana	Paranaguá	550
Andirá	Paranaguá	520
Castro	Ponta Grossa	60
Tibagi	Ponta Grossa	120

Fonte: Sistema de Informações de Fretes para Cargas Agrícolas (SINFRECA) (Departamento de Economia e Sociologia Rural/ESALQ/USP).

APÊNDICE 6 - MATRIZES DE ORIGEM-DESTINO ESTIMADAS

Tabela A6.1 - Matriz de origem-destino para milho no Estado do Paraná em 1995, em *t*.

	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	CSC	COP	MGA	PGA	PBR	UMA	GVA	FIG	Origem
CWB	-	0	0	0	0	0	0	0	39.577,5	0	0	0	0	39.577,5
LDR	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PGS	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APC	0	170.676,4	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170.676,4
CPO	0	285.576,4	0	0	-	0	41.4	0	0	0	0	0	0	285.617,8
CSC	0	445.485,2	0	0	84.435	-	0	69.771	0	0	0	0	0	599.691,2
COP	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
MGA	0	169173	0	36.326	0	0	0	-	0	0	0	0	0	205.499
PGA	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
PBR	0	0	651.258,3	0	0	0	0	0	147.569,2	-	0	0	0	798.827,5
UMA	0	40.911	0	0	0	0	0	0	0		-	0	0	40.911
GVA	0	325,4	481.682,3	0	0		0	0	0	0	0	-	0	482.007,7
FIG	0	155.373,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	155.373,2
Destino	0	1.267.520	1.132.940,6	36.326	84.435	0	41,4	69.771	187.146,7	0	0	0	0	

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 Procópio (CPO), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

Tabela A6.2 - Matriz de origem-destino para soja no Estado do Paraná em 1995, em *t*.

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

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 Procópio (CPO), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

Tabela A6.3 - Matriz de origem-destino para farelo de soja no Estado do Paraná em 1995, em *t.*

	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	CSC	COP	MGA	PGA	PBR	UMA	GVA	FIG	Origem
CWB	-	0	0	0	0	0	0	0	412.172,2	0	0	0	0	412.172,2
LDR	0	-	0	0	0	0	0	0	448.368,2	0	0	0	0	448.368,2
PGS	0	0	-	0	0	0	0	0	891.294,3	0	0	0	0	891.294,3
APC	0	0	0	-	0	0	0	0	76.372,5	0	0	0	0	76.372,5
CPO	0	0	0	0	-	0	0	0	134.379	0	0	33.016	0	167.395
CSC	0	0	0	0	0	-	0	0	240.996,3	0	0	0	0	240.996,3
COP	0	0	0	0	0	0	-	0	183.841	0	0	0	0	183.841
MGA	0	0	0	8.398	0	0	0	-	4.337.932,8	0	0	0	0	4.346.330,8
PGA	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
PBR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
UMA	0	0	0	0	28.056	0	0	0	79.413		-	0	0	107.469
GVA	0	0	0	0	0		0	0	136.006,5	0	0	-	0	136.006,5
FIG	0	0	0	0	0	0	0	0	99994,1	108.806,9	0	0	-	208.800,8
Destino	0	0	0	8.398	28.056	0	0	0	7.040.769,9	108.806,9	0	33.016	0	

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 Procópio (CPO), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

Tabela A6.4 - Matriz de origem-destino para trigo no Estado do Paraná em 1995, em *t.*

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

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 Procópio (CPO), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

Tabela A6.5 - Matriz de origem-destino para milho no Estado do Paraná projetada para 2003, em *t*.

	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	CSC	COP	MGA	PGA	PBR	UMA	GVA	FIG	Origem
CWB	-	0	0	0	0	0	0	0	54.801	0	0	0	0	54.801
LDR	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PGS	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APC	0	236.327	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	236.327
CPO	0	181.902	0	0	-	0	58	96.608	0	0	0	0	0	278.568
CSC	0	830.364	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	830.364
COP	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
MGA	0	234.246	0	50.299	0	0	0	-	0	0	0	0	0	284.545
PGA	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
PBR	0	0	901.766	0	0	0	0	0	204.333	-	0	0	0	1.106.099
UMA	0	56.648	0	0	0	0	0	0	0		-	0	0	56.648
GVA	0	450	666.963	0	0		0	0	0	0	0	-	0	667.413
FIG	0	215.138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	215.138
Destino	0	1.755.075	1.568.729	50.299	0	0	58	96.608	204.333	0	0	0	0	

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 Procópio (CPO), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

Tabela A6.6 - Matriz de origem-destino para soja no Estado do Paraná projetada para 2003, em *t*.

	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	CSC	COP	MGA	PGA	PBR	UMA	GVA	FIG	Origem
CWB	-	0	0	0	0	0	0	0	194.758	0	0	0	0	34.943,2
LDR	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PGS	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APC	67.668	56.112	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CPO	420.570	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	374.245	0	631.893,2
CSC	0	0	0	0	0	-	0	0	800.861	0	0	0	0	822.394,3
COP	0	536.842	759.839	210.152	0	0	-	0	0	0	0	0	0	349.653,6
MGA	0	0	0	0	0	0	0	-	1.740.925	0	0	0	0	8.875,5
PGA	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
PBR	0	0	0	0	0	0	0	0	99.585	-	0	0	0	241.167,4
UMA	0	0	0	0	186.020	0	0	0	0		-	0	0	117.229,8
GVA	373.174	0	0	0	0		0	0	0	0	0	-	0	266.553,4
FIG	2.232	0	1.047.457	0	0	0	0	0	510.157	0	0	0	-	510.157
Destino	863.644	592.954	632.489,2	210.152	186.020	0	0	0	2.836.129	0	0	374.245	0	

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 Procópio (CPO), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

Tabela A6.7 - Matriz de origem-destino para farelo de soja no Estado do Paraná projetada para 2003, em *t*.

	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	CSC	COP	MGA	PGA	PBR	UMA	GVA	FIG	Origem
CWB	-	0	0	0	0	0	0	0	851.436	0	0	0	0	851.436
LDR	0	-	0	0	0	0	0	0	981.769	0	0	0	0	981.769
PGS	0	0	-	0	0	0	0	0	1.949.758	0	0	0	0	1.949.758
APC	0	0	0	-	0	0	0	0	164.970	0	0	0	0	164.970
CPO	0	0	0	0	-	0	0	0	303.576	0	0	58.003	0	361.579
CSC	0	0	0	0	0	-	0	0	436.414	92.014	0	0	40.930	569.358
COP	0	0	0	0	0	0	-	0	469.500	0	0	0	0	469.500
MGA	0	0	0	14.754	0	0	0	-	6.479.163	0	0	0	0	6.493.917
PGA	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
PBR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
UMA	0	0	0	0	49.289	0	0	0	0		-	0	0	188.805
GVA	0	0	0	0	0		0	0	139.516	0	0	-	0	293.783
FIG	0	0	0	0	0	0	0	0	293.783	0	0	0	-	0
Destino	0	0	0	14.754	49.289	0	0	0	12.069.885	92.014	0	58.003	40.930	

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 Procópio (CPO), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

Tabela A6.8 - Matriz de origem-destino para trigo no Estado do Paraná para 2003, em *t.*

	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	CSC	COP	MGA	PGA	PBR	UMA	GVA	FIG	Origem
CWB	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LDR	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PGS	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APC	0	37.621	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.621
CPO	0	348.780	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	348.780
CSC	0	299.393	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	299.393
COP	0	310.188	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	310.188
MGA	0	127.190	0	22.913	0	0	0	-	0	0	0	0	0	150.103
PGA	513.448	0	409.043	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	922.491
PBR	0	0	2.138.892	0	0	0	0	0	0	-	0	11.198	0	2.150.090
UMA	0	20024	0	0	0	0	0	0	0		-	0	0	20.024
GVA	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	-	0	0
FIG	0	0	1.611.125	422.589	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
Destino	513.448	1.143.196	4.159.060	445.502	0	0	0	0	0	0	0	11.198	0	

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 Procópio (CPO), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

APÊNDICE 7 - DISTRIBUIÇÃO ÓTIMA DOS FLUXOS ESTIMADOS ENTRE AS MODALIDADES RODOVIÁRIA E FERROVIÁRIA

Tabela A7.1 - Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 1995, considerando-se a infra-estrutura de transporte efetiva.

Pólo	Mod.	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	COP	MGA	PGA	PBR	GVA
CWB	F								486.692,9		
LDR	R								448.368,2		
PGS	F								891.294,3		
APC	R		187.388,9								
	F								76.372,5		
CPO	R		439.303,9	458.636,5			41,4		134.379		206.272,7
CSC	R		548.247,6			84.435		69.771	1.063.390,6		
COP	R	78.146,1	235.450,7	173.852,7					183.841		
MGA	R		217.373,1		67777,5						
	F								4.337.932,8		
PGA	F	238.359									
PBR	R	81.110,4		1.615.729,6					388.736,6		16.487,8
UMA	R		48.473			109.326,4		35.959,4	79.413		
GVA	R		325.4								
	F	266.553,4		481.682,3					136.006,5		
FIG	R			319.744					610.151,1	108.806,7	

Fonte: Resultados da pesquisa.

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 Procópio (CPO), Maringá (MGA), Paranaguá (PGA), Pato Branco (PBR), Umuarama (UMA), Guarapuava (GVA) e Foz do Iguaçu (FIG).

Tabela A7.2 - Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 1995, considerando-se que a FERROESTE estivesse em operação.

Pólo	Mod.	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	COP	MGA	PGA	PBR	GVA
CWB	F								486.692,9		
LDR	R								448.368,2		
PGS	F								891.294,3		
APC	R		187.388,9								
	F								76.372,5		
CPO	R		439.303,9	458.636,5			41,4		134.379		206.272,7
CSC	R		548.247,6			84.435		69.771	954.030		
	F								109.360		
COP	R	78.146,1	235.450,7	173.852,7					183.841		
MGA	R				67.777,5						
	F		217.373,1						4.337.932,8		
PGA	F	238.359									
PBR	R	81.110,4		1.615.729,6					388.736,6		16.487,8
UMA	R		48.473			109.326,4		35.959,4	79.413		
GVA	R		325,4								
	F	266.553,4		481.682,3					136.006,5		
FIG	R			319.744					610.151,1	108.806,7	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A7.3 - Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 1995, considerando-se que a FERROESTE estivesse em operação e com o estrangulamento corrigido a partir de Guarapuava.

Pólo	Mod.	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	COP	MGA	PGA	PBR	GVA
CWB	F								486.692,9		
LDR	R								448.368,2		
PGS	F								891.294,3		
APC	R		187.388,9								
	F								76.372,5		
CPO	R		439.303,9	458.636,5			41,4		134.379		206.272,7
CSC	R		548.247,6			84.435		69.771			
	F								1.063.390,6		
COP	R	78.146,1	235.450,7	173.852,7					183.841		
MGA	R				67777,5						
	F		217.373,1						4.337.932,8		
PGA	F	238.359									
PBR	R	81.110,4		1.615.729,6					388.736,6		16.487,8
UMA	R		48.473			109.326,4		35.959,4	79.413		
GVA	R		325.4								
	F	266.553,4		481.682,3					136.006,5		
FIG	R			319.744					610.151,1	108.806,7	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A7.4 - Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 2003, considerando-se a FERROESTE como o único investimento ferroviário.

Pólo	Mod.	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	COP	MGA	MGA	PBR	GVA	FIG
CWB	R								601.270			
	F								499.720			
LDR	R								981.769			
PGS	F								1.949.758			
APC	R	67.668	330.060									
	F								164.970			
CPO	R	420.570	530.682				58	96.608	303.576		432.248	
CSC	R		1.129.757						1.237.275	92.014		40.930
COP	R		847.030						469.500			
MGA	R			759.839	298.118							
	F		361.436						8.220.088			
PGA	F	513.448		409.043								
PBR	R			3.040.658					303.918		11.198	
UMA	R		76.672			235.309			139.516			
GVA	R	373.174	450									
	F			666.963					293.783			
FIG	R	2.232	215.138	2.658.582	422.589							

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A7.5 - Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 2003, considerando-se algumas alternativas de investimento ferroviário.

Pólo	Mod.	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	COP	MGA	PGA	PBR	GVA	FIG
CWB	R								745.601			
	F								355.394			
LDR	R								981.769			
PGS	F								1.949.758			
APC	R	67.668	330.060						4.982			
	F								159.988			
CPO	R	420.570	530.682								432.248	
	F						58	96.608	303.576			
CSC	R								1.237.275			
	F		1.129.757							92.014		40.930
COP	R		847.030						469.500			
MGA	R			759.839	298.118							
	F		361.436						8.220.088			
PGA	F	513.448		409.043								
PBR	R			2.420.200					303.918		11.198	
	F			620.430								
UMA	R											
	F		76.672			235.309			139.516			
GVA	R		450	666.963					293.783			
	F	373.174										
FIG	R	2.232		2.658.582								
	F		215.138		422.589							

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A7.6 - Distribuição ótima entre as modalidades de transporte rodoviária (R) e ferroviária (F) para os fluxos estimados de grãos e farelo de soja (em *t*) em 2003, considerando-se algumas alternativas de investimento ferroviário e que o estrangulamento da FERROESTE a partir de Guarapuava fosse corrigido.

Pólo	Mod.	CWB	LDR	PGS	APC	CPO	COP	MGA	PGA	PBR	GVA	FIG
CWB	R								745.601			
	F								355.394			
LDR	R								981.769			
PGS	F								1.949.758			
APC	R	67.668	330.060						4.982			
	F								159.988			
CPO	R	420.570	530.682								432.248	
	F						58	96.608	303.576			
CSC	R								1.237.275			
	F		1.129.757							92.014		40.930
COP	R		847.030						469.500			
MGA	R			759.839	298.118							
	F		361.436						8.220.088			
PGA	F	513.448		409.043								
PBR	R			764.230					303.918		11.198	
	F			2.276.400								
UMA	R											
	F		76.672			235.309			139.516			
GVA	R		450	666.963					293.783			
	F	373.174										
FIG	R	2.232		2.658.582								
	F		215.138		422.589							

Fonte: Resultados da pesquisa.