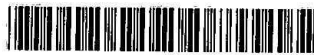


IPEA/INPES
Serv. de
Documentação

Distribuição intramunicipal de bens e
serviços : demanda, te



RJF0233/86

IPEA - RJ

TEXTO PARA DISCUSSÃO

GRUPO DE ENERGIA

Nº XXXVI

"Distribuição Intramuni-
cipal de Bens e Serviços:
Demanda, Tecnologia de
Produção e Potencial de
Conservação de Energia".

Joffre Dan Swait

Abril de 1986

IPEA
22-86

Tiragem : 100 exemplares

Trabalho elaborado em : fevereiro/86

Instituto de Pesquisas do IPEA
Instituto de Planejamento Econômico e Social
Avenida Presidente Antonio Carlos, 51 - 13/17º andar
20020 Rio de Janeiro RJ

Tel.: (021) 210-2423



Este trabalho é da inteira e exclusiva responsabilidade de seu autor. As opiniões nele emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista da Secretaria de Planejamento da Presidência da República.

SUMÁRIO

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 1 - <u>INTRODUÇÃO</u> | 01 |
| 1.1 - <u>Objetivo do Trabalho</u> | 01 |
| 1.2 - <u>Motivação para o Estudo</u> | 02 |
| 1.3 - <u>Principais Resultados do Estudo</u> | 04 |
| 1.3.1 - <u>A Demanda por DIC</u> | 04 |
| 1.3.2 - <u>A Tecnologia de Produção de DIC</u> | 07 |
| 1.4 - <u>Organização do Trabalho</u> | 08 |
| 2 - <u>DETERMINANTES SÓCIO-ECONÔMICOS DA FROTA DE DISTRIBUIÇÃO INTRAMUNICIPAL DE BENS E SERVIÇOS</u> | 09 |
| 2.1 - <u>Descrição dos Dados Utilizados</u> | 09 |
| 2.2 - <u>Especificação do Modelo</u> | 10 |
| 2.3 - <u>Apresentação dos Resultados de Estimação</u> | 14 |
| 2.4 - <u>Discussão dos Resultados</u> | 21 |
| 2.5 - <u>Conclusão</u> | 22 |
| 3 - <u>ESTRUTURA TECNOLÓGICA DAS EMPRESAS DE DISTRIBUIÇÃO URBANA DE CARGA</u> | 24 |
| 3.1 - <u>Descrição dos Dados Utilizados</u> | 24 |
| 3.2 - <u>Abordagem para Análise</u> | 26 |
| 3.2.1 - <u>Definição dos Itens de Custo</u> | 27 |
| 3.2.2 - <u>Definição dos Preços dos Fatores de Produção</u> | 29 |
| 3.2.3 - <u>Definição do Nível de Produção</u> | 30 |
| 3.2.4 - <u>Comentários sobre a Especificação Econométrica da Função Custo</u> | 30 |

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 3.3 - <u>Apresentação dos Resultados de Estimação</u> | 31 |
| 3.3.1 - <u>Especificação Detalhada da Função Custo e Método de Estimação</u> | 31 |
| 3.3.2 - <u>A Função de Custo Estimada</u> | 32 |
| 3.4 - <u>Discussão dos Resultados</u> | 37 |
| 3.4.1 - <u>Caracterização da Estrutura de Custo</u> ... | 37 |
| 3.4.2 - <u>Simulação de Políticas</u> | 42 |
| 3.5 - <u>Conclusão</u> | 47 |
| 4 - <u>POSSÍVEIS EXTENSÕES AO TRABALHO</u> | 48 |
| <u>BIBLIOGRAFIA</u> | 50 |

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| <u>Tabela 1</u> - Frota de Veículos Comerciais Leves e Veículos Leves de Carga em 1979 e 1983..... | 04 |
| <u>Tabela 2</u> - Variação Percentual Prevista no Tamanho da Frota de DIC para um Aumento de 10% nas Variáveis Sócio-Econômicas de um Município..... | 05 |
| <u>Tabela 3</u> - Marcas/Modelo de Veículos Utilizados na Análise de Frota..... | 10 |
| <u>Tabela 4</u> - Resultados de Estimação para os Modelos Iniciais de Tamanho de Frota..... | 15 |
| <u>Tabela 5</u> - Resultados de Estimação para os Modelos Finais de Tamanho de Frota..... | 19 |
| <u>Tabela 6</u> - Custos Médios e Participação Relativa dos Itens de Custo nas Empresas de Distribuição Intramunicipal..... | 26 |
| <u>Tabela 7</u> - Índices de Preços dos Fatores de Produção.... | 29 |
| <u>Tabela 8</u> - Parâmetros Estimados da Função de Custo: Sem Restrições..... | 34 |
| <u>Tabela 9</u> - Parâmetros Estimados da Função de Custo: Restrições de Homoteticidade, Retornos de Escala Constantes, e Separabilidade de (A) vs. (K, L, M, C, O)..... | 36 |
| <u>Tabela 10</u> - Elasticidades Estimadas de Substituição Técnica (de Allen) Entre Pares de Insumos (Nos Preços Médios da Amostra)..... | 41 |
| <u>Tabela 11</u> - Elasticidades-Preço Estimados nos Preços Médios da Amostra..... | 43 |
| <u>Tabela 12</u> - Simulação de Políticas para Conservação de Energia..... | 45 |

| | |
|--|----|
| <u>Figura 1</u> - Valores Previstos vs. Observados para Modelo de Municípios com 50.000 ou menos Habitantes. | 16 |
| <u>Figura 2</u> - Valores Previstos vs. Observados para Modelo de Municípios com mais de 50.000 Habitantes.. | 17 |
| <u>Figura 3</u> - Valores Previstos vs. Observados para Modelo Final de Municípios com 50.000 ou menos Habitantes..... | 20 |
| <u>Figura 4</u> - Custo Médio por Tonelada Transportada em Função do Nível de Produção..... | 39 |

Sinopse

Este estudo investiga quais fatores sócio-econômicos de um município determinam a demanda por distribuição intramunicipal de bens e serviços, e de que forma esses serviços de distribuição são produzidos. Os modelos desenvolvidos têm como objetivo avaliar o potencial de conservação de energia no setor. Entre os determinantes da demanda encontram-se renda (elasticidade $\epsilon = 0,8$), população, extensão geográfica, nível de atividade industrial e comercial, e em pequenos municípios, o nível de atividade agrícola ($\epsilon = 0,3$). A partir de uma função de custo para empresas profissionais (ETCs) do setor de transporte intramunicipal de carga, observa-se que a tecnologia de produção é bastante rígida, apresentando poucas oportunidades de substituição entre insumos e uma relativa insensibilidade a preços, inclusive Energia (elasticidade-preço na ordem de $-0,6$). Os resultados mostram que o par de insumos Capital e Mão-de-Obra Operacional, e o par de insumos, Capital e Manutenção da Frota, são os únicos pares complementares, os demais sendo substitutos. A função de custo mostra a existência de economias de escala na produção do serviço de distribuição intramunicipal de carga.

DISTRIBUIÇÃO INTRAMUNICIPAL DE BENS E SERVIÇOS:*

Demanda, Tecnologia de Produção e
Potencial de Conservação de Energia

Joffre Dan Swait**

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Objetivo do Trabalho

O objetivo deste trabalho é produzir um conjunto de instrumentos que permita a avaliação do potencial de conservação e energética nas empresas que ofertam serviços de distribuição/coleta intramunicipal de bens e serviços. Para atender a esse objetivo, dois modelos são desenvolvidos: um modelo de demanda por serviços de distribuição e um de custo total de operação de Empresas de Transporte de Carga (ETCs) que atuam exclusivamente no âmbito municipal, de maneira a determinar a estrutura de produção desse tipo de serviço.

O conhecimento das características principais tanto da demanda como da oferta do serviço de distribuição intramunicipal de carga (DIC) nos permite avaliar a conveniência e impactos de políticas que visem um maior rendimento energético do setor.

As análises efetuadas e relatadas neste trabalho baseiam-se em dados do Inquérito Especial de Empresas de Transporte (IE-03/1980), dos Censos Demográfico, Industrial, Comercial e Agropecuário de 1980; e do Cadastro de Veículos e Proprietários do Ministério da Fazenda (TRU/1980).

* Agradeço ao Dr. Newton de Castro (INPES/IPEA) pelos valiosos comentários e orientação dados durante o decorrer deste estudo. À FINEP e ao IPEA pelo apoio financeiro e institucional que permitiram sua realização. E, a Diva Mattos que datilografou este trabalho e os relatórios que o antecederam.

** Da COPPE/UFRJ.

1.2 - Motivação para o Estudo

A demanda por DIC resulta das demandas que firmas e indivíduos têm por produtos de que estão espacialmente separados, mas estando produto e consumidor no mesmo município. Embora homogênea em relação ao modo de transporte utilizado para ofertar o serviço (i.e., o modo rodoviário), a distribuição intramunicipal de carga é efetuada por um grande número de agentes econômicos, com características bastante distintas. Podemos citar, por exemplo, o consumidor que transporta suas compras do supermercado à residência; por outro lado, o próprio supermercado pode efetuar o serviço de entrega no domicílio. Existe o pequeno agricultor no cinturão verde de uma área urbana que transporta seus produtos agrícolas para as áreas de consumo. Empresas de Carga Própria (ECPs), na forma de departamentos de transporte de estabelecimentos industriais e comerciais, também desfrutam de um papel de destaque na produção de DIC, não olvidando tampouco da participação que o Transportador Rodoviário Autônomo (TRA) desempenha no setor. Finalmente, podemos também citar as empresas que prestam serviços públicos (e.g. lixo, telecomunicações, eletricidade, água e esgoto,...) como ofertadores de serviços especializados de DIC.

A oferta de serviços de DIC por um grande número de agentes econômicos diferencia o setor de forma significativa das características apresentadas pelo setor de transporte intermunicipal de carga. Isso dificulta a transferência dos conhecimentos ora acumulados sobre o transporte rodoviário intermunicipal de carga (vide, por exemplo, Rezende, 1984) para o setor de DIC. Existem outras diferenças importantes:

(1) A demanda por DIC é, muitas vezes, mais uniformemente dispersa no espaço. Isto é, se imaginarmos as origens geográficas das demandas como pontos distribuídos na área de um município, o grau de dispersão da demanda seria maior do que no caso do transporte intermunicipal. Esse aspecto acarreta um nível de utilização dos veículos relativamente menor no caso do transporte intramunicipal.

(2) São raras as oportunidades para ganhos de economias de escala, através do uso de equipamentos maiores ou infra-estrutura

especializada, dada a dispersão da demanda e as condições de tráfego congestionado nas grandes áreas urbanas.

(3) A oferta de serviços de DIC está, frequentemente, sujeita à necessidade de se atender a uma demanda que exige rapidez (e.g. entrega de uma geladeira, conserto de um telefone), o que influencia sobremaneira a estrutura tecnológica do setor; por exemplo, na seleção apropriada de veículos para prestar o serviço.

Tipicamente, são utilizados na DIC veículos de carga leves (e.g. furgões, pick-ups). Em 1983, existiam no Brasil 268.331 veículos dessas categorias movidos a óleo diesel (GEIPOT, 1984). A partir da base de dados IE-03 do IBGE pode-se estimar que, em média, veículos dessa categoria consomem 12.000 litros de óleo diesel por veículo-ano. Conseqüentemente o setor de DIC deve ter consumido cerca de 3,2 bilhões de litros de óleo diesel anualmente, ou seja, aproximadamente 18% do total do consumo deste combustível naquele ano, além de gasolina e álcool. Vê-se, portanto, que o setor de DIC participa significativamente no consumo de óleo diesel do País.

Outro fator que motiva este estudo é a maior facilidade de substituição de tecnologia motriz neste setor. Se considerarmos as categorias de veículos comerciais leves (VCL) e veículos de transporte de carga leves (VTCL), conforme nomenclatura do Anuário Estatístico dos Transportes (GEIPOT, 1984), notamos na Tabela 1 que o número de veículos nestas duas categorias evoluiu significativamente no período de 1979 a 1983. Podemos destacar dois aspectos dessa evolução. Primeiro, o número total de VCL cresceu a uma taxa média anual de 4%, e no caso de VTCL, de 8,6% (comparado com um decréscimo médio anual de 0,1% para caminhões médios, o veículo predominante da frota de transporte de carga do País); segundo, houve um grande crescimento na participação dos veículos movidos a óleo diesel em ambas as categorias, aproximadamente 60% ao ano para VCL e 16% ao ano para VTCL. Isto demonstra não só que o setor de DIC cresceu significativamente durante um período de menor crescimento da economia, como também acentuou-se a "dieselização" da frota. A sensibilidade do setor a condições de mercado sugere-o como possível alvo de políticas que visem economia de combustível e substituição de tecnologia motriz (ciclo Otto utilizando gasolina e álcool versus ciclo Diesel utilizando óleo diesel).

Tabela 1 - Frota de Veículos Comerciais Leves e Veículos Leves de Carga em 1979 e 1983

| | | Gasolina/ Alcool | Óleo Diesel | Total |
|------|------|---------------------|----------------|---------|
| VCL | 1979 | 707.170 | 20.542 | 727.622 |
| | 1983 | 718.911 | 133.139 | 852.050 |
| VTCL | 1979 | 58.290 | 75.025 | 133.495 |
| | 1983 | 50.696 | 135.192 | 185.888 |

FONTE: Anuário Estatístico dos Transportes, GEIPOT (1984).

Em resumo, são três as principais motivações deste estudo: (1) o setor de DIC representa uma parcela significativa (aproximadamente 18%) do consumo de óleo diesel no Brasil; (2) de 1979 a 1983, apesar do baixo desempenho da economia brasileira, ocorreu uma intensa "dieselização" da frota de veículos utilizados neste serviço; e (3) é improvável que o conhecimento adquirido sobre outros setores do transporte rodoviário de carga (especificamente, o intermunicipal) seja diretamente transferível ao setor de DIC.

1.3 - Principais Resultados do Estudo

1.3.1 - A Demanda por DIC

Na Seção 2 deste trabalho analisa-se a demanda por distribuição intramunicipal de carga (bens e serviços) através de modelos que relacionam o tamanho da frota municipal de veículos tipicamente utilizados nesse serviço, com as características sócio-econômicas dos municípios. Cinco fatores principais são identificados:

- (1) densidade populacional;
- (2) renda do município (salários);
- (3) número de estabelecimentos industriais;
- (4) receita média por estabelecimento varejista;

(5) e, em municípios com 50.000 habitantes ou menos, o valor da produção agrícola e o número de estabelecimentos agrícolas.

Na Tabela 2 são apresentadas as estimativas dos impactos sobre o tamanho da frota causados por alterações de 10% nos fatores acima mencionados.

Tabela 2 - Variação Percentual Prevista no Tamanho da Frota de DIC para um Aumento de 10% nas Variáveis Sócio-Econômicas de um Município

| Variável | Variação (%) | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| | População ≤ 50.000 | População > 50.000 |
| Densidade populacional (habitantes/km ²) | 1,0 | -1,2 |
| Renda total mensal (salários mínimos) | 8,0 | 8,0 |
| Nº estabelecimentos industriais | 0,5 | 1,8 |
| Receita média por estabelecimen to varejista (Cr\$ 1980) | 0,2 | 3,0 |
| Nº estabelecimentos agrícolas | -0,9 | - |
| Valor da produção agrícola (Cr\$ 1980) | 3,1 | - |

Vê-se que o maior impacto individual é o da renda total do município: 10% do aumento nesta variável resulta num crescimento de 8% da frota de DIC. De acordo com os modelos apresentados na Seção 2, esse efeito permanece constante em relação à classificação do município (i.e., com 50.000 habitantes ou menos, ou com mais de 50.000 habitantes).

Os impactos causados por uma alteração de 10% na densidade populacional variam em função do número de habitantes do município. Nos municípios com 50.000 ou menos habitantes, um aumento na densidade causa um aumento no tamanho da frota de DIC.

Mantendo-se área e renda total constantes, um aumento da densidade resulta de um crescimento populacional, o que implica uma renda per capita menor. A diminuição da renda per capita pode resultar num consumo maior da produção local (ao invés de produtos importados de outras regiões), o que resulta numa maior demanda por DIC. Quando a população de um município ultrapassa 50.000 habitantes, aumentos na densidade populacional ocasionam reduções na frota de DIC. O decréscimo na renda per capita, que reduz a demanda por bens e serviços, é compensado pelo aumento na concentração espacial da demanda, que melhora o nível de utilização dos veículos de DIC. Isso resulta numa frota menor de veículos.

Em municípios com 50.000 habitantes ou menos, foi possível identificar o importante impacto que a atividade agrícola tem sobre a demanda de DIC. Especificamente, o tamanho da frota tem uma elasticidade em relação ao valor da produção agrícola de 0,3 e em relação ao número de estabelecimentos agrícolas de -0,1. Esses resultados são, por si, extremamente interessantes. Por exemplo, se a mesma produção agrícola for compartilhada por um número maior de agricultores, a frota de veículos em questão decresce: se o número de produtores aumentar em 10%, o número de veículos diminuirá na ordem de 1%, ceteris paribus. Por outro lado, políticas de fomento agrícola, que estimulem um aumento no valor da produção, demandam crescimentos proporcionais do tamanho da frota de 30%.

É possível avaliar, através das elasticidades apresentadas na Tabela 2, o impacto de certas políticas fiscais sobre o pequeno produtor rural. Especificamente, o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) de veículos comerciais leves e veículos leves de carga é maior do que dos veículos mais pesados; e o IPI dos veículos leves diesel ainda maior do que de veículos leves a gasolina ou álcool. De acordo com os resultados obtidos, tal política tributária onera mais do que proporcionalmente os municípios preponderantemente agrícolas, assim como municípios com estabelecimentos agrícolas relativamente maiores.

1.3.2 - A Tecnologia de Produção de DIC

Para avaliar como uma empresa de DIC reagiria a políticas de conservação de energia, estimuladas através de variação no preço deste insumo, faz-se necessário entender a estrutura produtiva do setor. Em suma, é necessário responder não só a questões relativas a equipamento e combustível utilizado, como também a questões relativas a interação entre equipamento e mão-de-obra operacional, know-how gerencial (que estabelece políticas de renovação e manutenção de frota), utilização de capacidade autônoma, etc. Para descrever esta tecnologia, estima-se uma função de custo total para empresas profissionais (ETCs) do setor de DIC, sendo esta função parametrizada em termos do nível de produção e do nível de preços dos insumos.

Os principais resultados obtidos sobre a tecnologia de produção de DIC seguem abaixo:

(1) a tecnologia exibe fortes evidências de ser de proporções fixas, com poucas possibilidades de substituição entre insumos;

(2) aparentemente existem economias de escala em relação ao nível de produção (i.e. quantidade de carga transportada), mas o mesmo não ocorre necessariamente em relação ao tamanho da frota, o que indica uma dificuldade para a formação de monopólios naturais;

(3) as ETCs encaram o autônomo como uma extensão da frota própria, pois este insumo é um substituto para os demais; além disso, o autônomo serve como um mecanismo para que a ETC absorva aumentos nos preços de insumos;

(4) as empresas do setor exibem elasticidades-preço baixas (na ordem de -0,5%).

Em relação a políticas de preço visando a conservação de energia, os resultados acima indicam que empresas do setor de DIC dispõem de poucas alternativas de substituição entre insumos. Isto resultaria num repasse quase integral ao consumidor de seus serviços quando do aumento de preços de insumos, inclusive Energia. As baixas elasticidades de substituição podem permitir alguma acomodação ante possíveis aumentos de preço, porém de exten

são bastante limitada. As acomodações que ocorrem tomam a forma de racionalizações na operação (e.g. melhor roteamento), na manutenção dos veículos, ou através da utilização de autônomos, e investimento na frota (presumivelmente na forma de veículos mais novos com tecnologia motriz mais eficiente energeticamente).

Os resultados indicam que talvez o caminho mais eficaz para conseguir um maior rendimento energético no setor seja combinar duas ações: aumento de preços do insumo Energia e diminuição do preço de Capital (i.e. o preço do veículo). Assim, surtiriam maior impacto políticas que sinalizassem aos ofertadores de serviços de DIC quais os combustíveis que apresentam maior rendimento e ao mesmo tempo facilitassem o acesso a veículos novos com tecnologias mais avançadas ou apropriadas.

Outra informação de interesse para a formulação de políticas para o setor refere-se ao papel do transportador autônomo. Sucintamente, qualquer política que não considere, ou onere os custos do autônomo, prejudicará o desempenho econômico esperado do setor de DIC. Por exemplo, mencionou-se no parágrafo anterior que políticas atuando simultaneamente sobre preço de Energia e facilitando acesso a capital para renovação de frota parecem promissoras, no entanto, caso o autônomo não seja estimulado a substituir seu veículo, o impacto global dessas políticas poderia ser seriamente comprometido.

1.4 - Organização do Trabalho

Este relatório é composto de três partes. Primeiro, apresenta-se o modelo desenvolvido para elucidar os fatores socio-econômicos que determinam o tamanho da frota de veículos de setor de DIC. Segundo, relata-se o desenvolvimento da função custo de empresas do setor, que descreve a tecnologia operacional e gerencial utilizada. Finalmente, discutem-se possíveis extensões ao presente trabalho.

2 - DETERMINANTES SÓCIO-ECONÔMICOS DA FROTA DE DISTRIBUIÇÃO INTRAMUNICIPAL DE BENS E SERVIÇOS

Conforme descrito na Seção 1, a movimentação de veículos para o transporte de bens e serviços dentro de um município resulta da demanda final por estes bens e serviços. Por não ser possível obter dados sobre toda a movimentação intraurbana de carga, este estudo utiliza como "proxy" da demanda por DIC o tamanho da frota de veículos que usualmente prestam este tipo de serviço. Essa demanda por DIC é então modelada em função das características sócio-econômicas dos municípios.

Sabe-se de antemão que a frota do setor de DIC tem crescido significativamente, e paralelamente, tem ocorrido uma alteração marcante no tipo de combustível utilizado. Assim, o que se propõe nesta parte do estudo é apontar possíveis determinantes desse comportamento do setor, permitindo-nos indicar opções de políticas visando melhoria do rendimento energético na DIC.

A seguir, os dados utilizados para o modelo de frota são descritos. Segue-se a especificação do modelo e dos resultados de estimação. Conclui-se a Seção 2 com uma discussão dos principais resultados e suas implicações em relação ao consumo energético do setor.

2.1 - Descrição dos Dados Utilizados

A estimação do modelo de determinação do tamanho da frota de distribuição intramunicipal de carga (DIC) utilizou dados oriundos de quatro fontes: o Censo Demográfico, o Censo Industrial, o Censo Comercial e o Cadastro de Veículos da TRU, todos referentes ao ano de 1980.

Para cada um dos 671 municípios disponíveis, estimou-se o tamanho da frota de DIC como sendo o total de veículos leves de Transporte de Carga e comerciais leves cadastrados pela TRU, para 26 marcas/modelos específicos. Estas marcas/modelos são apresentadas na Tabela 3, sendo o critério de seleção a utilização típica desses modelos na DIC. A criação da variável dependente da análise ignorou o tipo de combustível dos veículos, agregando veículos movidos a óleo diesel, gasolina e álcool.

Tabela 3 - Marcas/Modelos de Veículos Utilizados na Análise de Frota

Ford Pampa
 Volkswagen Saveiro
 Fiat Fiorino
 Chevrolet C-10/1000, D-10/1000
 Gurgel X-12, G-15
 Dodge 100
 Ford 75, 100, 1000
 Chevrolet C-10, D-10, A-10
 Toyota Bandeirante
 Volkswagen Kombi
 Fiat 70, 80
 Ford 350, 600, 750, 400, 4000
 Puma 4.T
 Ford 2000
 Mercedes Benz 608

Para cada um dos 671 municípios disponíveis, estimou-se o tamanho da frota de DIC como sendo o total de veículos leves de Transporte de Carga e comerciais leves cadastrados pela TRU, para 26 marcas/modelos específicos. Estas marcas/modelos são apresentadas na Tabela 3, sendo o critério de seleção a utilização típica desses modelos na DIC. A criação da variável dependente da análise ignorou o tipo de combustível dos veículos, agregando veículos movidos a óleo diesel, gasolina e álcool.

Aos dados da frota foram adicionadas informações censitárias disponíveis para cada município. A amostra é bastante representativa: os municípios têm populações que variam desde 3 mil a 8,5 milhões de pessoas.

2.2 - Especificação do Modelo

Pode-se distinguir três operações básicas de distribuição de bens e serviços dentro de um município:

(1) a movimentação de bens e serviços do comércio varejista e do setor de prestação de serviços ao consumidor final (e.g. en-

trega de um eletrodoméstico na residência do consumidor; coleta de lixo nos domicílios);

(2) o movimento de bens e serviços de estabelecimentos agrícolas, industriais, entrepostos e armazéns para o comércio atacadista/varejista (e.g. entrega de leite em padarias);

(3) e, o movimento de produtos intermediários entre estabelecimentos industriais (e.g. a entrega de componentes para uma montadora de automóveis).

Discutiremos a seguir os possíveis determinantes sócio-econômicos desses fenômenos.

Dois fatores principais determinam a demanda por consumo final (gerando, portanto, DIC): o número de indivíduos que compõe o mercado de consumo final e seu poder aquisitivo. Esperaríamos que quanto maior a população e a renda de um município, maior seria a demanda por bens e serviços, que por sua vez geraria uma maior demanda por DIC. Porém, para uma dada população e renda, quanto mais dispersa no espaço for a população, mais veículos deveriam ser necessários para efetuar a distribuição física dos bens e serviços. Para descrever o efeito da renda no modelo, utiliza-se o total de salários mínimos recebidos pela população do município. O efeito da população e sua concentração espacial é expressa através da variável densidade populacional, expressa em habitantes por quilômetro quadrado.

A segunda categoria de operação de distribuição física mencionada acima é essencialmente a movimentação de bens dos pontos de estocagem/produção aos pontos de venda. Quanto maior o número de estabelecimentos que atendem a demanda por consumo final, maior deve ser a frota necessária para efetuar a distribuição aos pontos de venda. Certos estabelecimentos comerciais (e.g. supermercados) apresentam atividades bem mais intensivas que outros. Esses estabelecimentos maiores provavelmente permitem que o sistema de distribuição física aproveite de possíveis economias de escala em função de um maior nível de demanda. Assim, o volume de vendas feitas por um estabelecimento comercial influenciaria a frota de DIC. Para capturar tanto o efeito de número de estabelecimentos

como do volume de vendas, introduzimos no modelo a receita média proveniente de vendas por estabelecimento varejista, em cruzeiros de 1980 por estabelecimento.

As indústrias de um município produzem bens para exportação e consumo interno. A produção exportada não gera DIC, com exceção do transporte de carga fracionada para consolidação em terminais. Os bens produzidos para consumo interno podem ter dois destinos: o comércio atacadista/varejista e outras indústrias. A movimentação da produção das indústrias ao comércio local já estaria sendo descrita pela variável receita média dos estabelecimentos varejistas. A movimentação entre indústrias do município, porém, não está ainda descrita no modelo. Para capturar este efeito propõe-se utilizar o número de estabelecimentos industriais como variável explicativa. Não se utiliza uma medida do valor da produção industrial do município porque tal valor incluiria também a produção para exportação, que não nos parece relevante para modelar a demanda por DIC.

A produção agrícola de um município pode também ser separada em suas componentes de exportação e consumo interno. A parcela referente ao consumo interno é transportada aos pontos de venda, tais como centrais de abastecimento, supermercados e feiras livres. Assim, quanto maior for a produção agrícola de um município, maior seria a frota de veículos comerciais leves e veículos leves de carga para atender à demanda por DIC. Porém, se a produção agrícola estiver concentrada num menor número de agricultores, esperaríamos que o tamanho da frota em questão diminuísse, pois seria possível transportar a produção em lotes maiores. Assim, também, é mais provável que o maior agricultor esteja mais voltado para a exportação de seus produtos. Os efeitos de escala da produção agrícola e concentração da produção são refletidos no modelo através da inclusão do valor da produção agrícola (em Cr\$ 1980) e do número de estabelecimentos agrícolas. É de se esperar que os efeitos descritos acima sejam especialmente marcantes em municípios de menor população, onde a atividade agrícola assume um papel vital na economia local. Na medida em que a população cresce há uma alteração no padrão do uso do solo, que força o distanciamento da atividade a-

grícola em relação ao centro urbano do município. Assim, nos municípios com muitos habitantes, esperaríamos que o efeito da atividade agrícola fosse desprezível ou então que já esteja sendo descrito por outras variáveis presentes no modelo, como renda e densidade populacional.

Essas observações nos levam a inicialmente estimar o modelo de frota omitindo as variáveis relacionadas à produção agrícola. Subseqüentemente um teste estatístico nos indica a necessidade de incluir essas variáveis.

A forma funcional inicial do modelo é a seguinte:

$$V_i = b_1 D_i^{b_2} R_i^{b_3} C_i^{b_4} I_i^{b_5} e^{\epsilon_i}, \forall i \quad (2.1)$$

onde V_i = número de veículos das marcas/modelos indicados na Tabela 3, no município i

D_i = habitantes/km² no município

R_i = renda total (salários mínimos) do município

C_i = receita média por estabelecimento varejista (Cr\$ 1980/estabelecimento) no município

I_i = número de estabelecimentos industriais no município

ϵ_i = erro

b_1, \dots, b_5 coeficientes

O modelo (2.1) é uma função Cobb-Douglas, o que implica que as elasticidades do tamanho de frota em relação às variáveis independentes são simplesmente os coeficientes correspondentes. Além desta vantagem de simplicidade de interpretação, a forma funcional (2.1) é facilmente estimada pois é linear nos parâmetros quando transformada por logaritmos:

$$\ln V_i = \ln b_1 + b_2 \ln D_i + b_3 \ln R_i + b_4 \ln C_i + b_5 \ln I_i + \epsilon_i \quad (2.2)$$

2.3 - Apresentação dos resultados da estimação

O modelo (2.2) pode ser estimado por mínimos quadrados ordinários (MQO), desde que sejam atendidas as condições usuais de normalidade e homocedasticidade de ε_j , e independência das variáveis explicativas. Em relação à homocedasticidade, utilizou-se o Teste de Park-Glejser, descrito em Pindyck e Rubinfeld (1981). As hipóteses testadas foram de existência de heterocedasticidade em relação à população do município e ao próprio tamanho da frota. As duas hipóteses são rejeitadas pelo teste. Portanto, o primeiro modelo estimado por MQO é apresentado na Tabela 4 sob o título "Todos os Municípios". Um exame visual do histograma de resíduos, aliado ao teste Kolmogorov-Smirnov, levam à não rejeição da hipótese de normalidade dos erros. Detectou-se multicolinearidade entre as variáveis renda (R_j) e número de estabelecimentos industriais (I_j); o grau de correlação entre ambas não é, porém, de grande magnitude; portanto não se acredita que o impacto seja significativo.

Um exame dos resíduos em função das variáveis independentes e de outras variáveis mostrou que o modelo para todos os municípios tende a errar mais nos municípios de menor população. Como a existência de heterocedasticidade foi eliminada anteriormente, surge a possibilidade de que os parâmetros do modelo (2.1) sejam diferentes para municípios pequenos e grandes. Para testar a hipótese de igualdade de parâmetros para municípios grandes e pequenos, a amostra de 671 cidades foi separada em duas partes: uma com municípios de 50.000 habitantes ou menos, e outra dos municípios com mais de 50.000 habitantes. Os resultados da estimação desses modelos são apresentados na Tabela 4. A partir das estatísticas nesta Tabela, podemos testar a hipótese nula de igualdade dos parâmetros utilizando a estatística F. Rejeita-se a hipótese nula com 99% de confiança, o que nos leva a aceitar os modelos por faixa de população.

Apresentam-se nas Figuras 1 e 2 os gráficos de valores observados de tamanho de frota versus valores previstos pelos modelos. Um exame desses gráficos deixa patente o fato de que o modelo para as cidades de mais de 50.000 habitantes prediz melhor do que o outro modelo. Especificamente, note-se que na Figura 1 o mo

Tabela 4 - Resultados de Estimação para os Modelos Iniciais de Tamanho de Frota

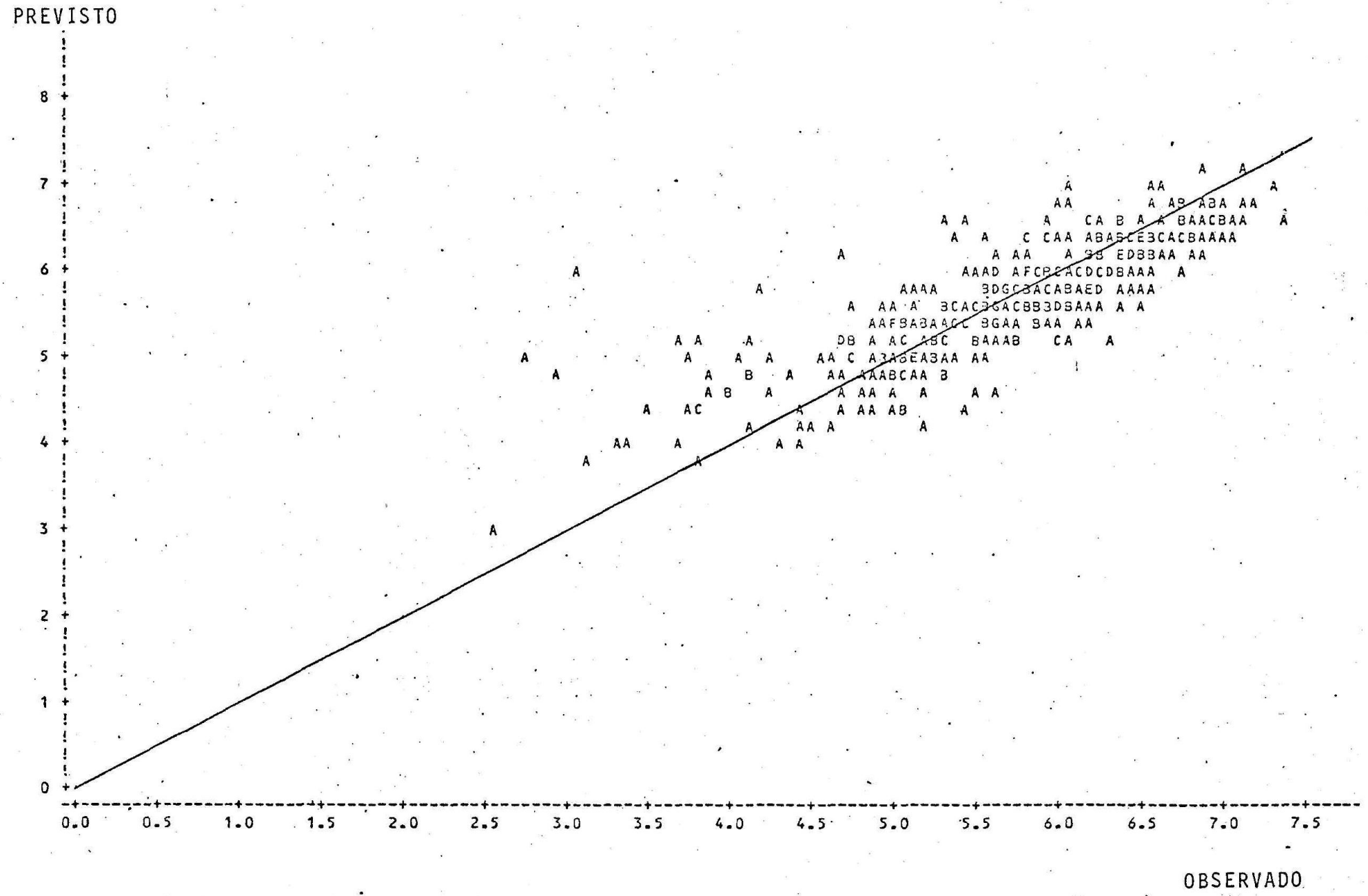
(Todas as variáveis na forma Logaritmica)

Variável Dependente: V_i = total de veículos dos tipos indicados na Tabela 3, no município i

| | Todos os Municípios* | Municípios com População < 50.000* | Municípios com População > 50.000* |
|---|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Constante | -3,188 (-14,7) | -4,300 (-9,5) | -4,856 (-14,9) |
| 2. D_i =densidade populacional (pessoas/km ²) | -0,076 (-4,5) | 0,911 (0,4) | -0,121 (-6,5) |
| 3. R_i =renda total mensal (salários mínimos) | 0,848 (24,2) | 0,052 (16,3) | 0,785 (15,8) |
| 4. I_i =nº estabelecimentos industriais | 0,099 (2,5) | 0,079 (1,5) | 0,176 (3,3) |
| 5. C_i =receita média por estabelecimento varejista (Cr\$ 1980) | 0,050 (6,3) | 0,037 (4,4) | 0,302 (9,0) |
| N | 671 | 390 | 281 |
| \bar{R}^2 | 0,84 | 0,67 | 0,87 |
| Desvio padrão da Regressão | 0,488 | 0,49 | 0,42 |

* Estatísticas t entre parêntesis.

Figura 1 - Valores Previstos vs. Observados para Modelos de Municípios com 50.000 ou Menos Habitantes



delo para pequenos municípios continua a ter menor aderência nas regiões com menor número de veículos. Isto sugere um erro de especificação, possivelmente oriundo da omissão de variáveis relacionadas à produção agrícola dos municípios.

Na Seção 2.2 foi proposto o uso das variáveis número de estabelecimentos agrícolas (NA_i) e valor da produção agrícola (VA_i) para capturar o efeito que a atividade agrícola tem sobre o tamanho da frota de DIC. Sugeriu-se que em municípios de maior população o efeito destas duas variáveis poderia ser nulo ou confundido com outras variáveis presentes no modelo. Embora não se apresentem aqui os resultados da estimação, constatou-se que para municípios com mais de 50.000 habitantes o número de estabelecimentos agrícolas não tem significância estatística, e o efeito do valor da produção agrícola é completamente confundido com o da renda (que perde significância estatística). Assim, para esta categoria de municípios o modelo inicial (da Tabela 4) é a especificação escolhida.

Na Tabela 5 apresenta-se a segunda especificação para municípios com menos de 50.000 habitantes. Como se pode notar, o modelo que inclui as duas variáveis de produção agrícola explica uma parcela mais significativa da variação observada nos dados do que o modelo inicial (vide Tabela 4). Os dois parâmetros novos têm os sinais esperados, e adicionalmente temos que a variável densidade populacional (D_i) ganhou em significância estatística, o que não ocorria anteriormente. Note-se que os parâmetros das demais variáveis (R_i , I_i e C_i) diminuíram em magnitude com a introdução de NA_i e VA_i . Na Figura 3 mostra-se o gráfico de valores observados versus previstos para o modelo que está sendo discutido. Comparando-o com a Figura 1, que contém o gráfico correspondente para o modelo sem o número de estabelecimentos e o valor da produção agrícola, notamos que sua introdução na especificação realmente corrigiu uma omissão.

Os resultados da Tabela 5 constituem a especificação final do modelo de tamanho de frota de DIC. Todos os parâmetros têm os sinais esperados, magnitudes razoáveis e alta significância estatística (com exceção do parâmetro da variável número de indústrias, I_i , no modelo dos municípios menores). É encorajador também

Tabela 5 - Resultados de Estimacão para os Modelos Finais de Tamanho de Frota

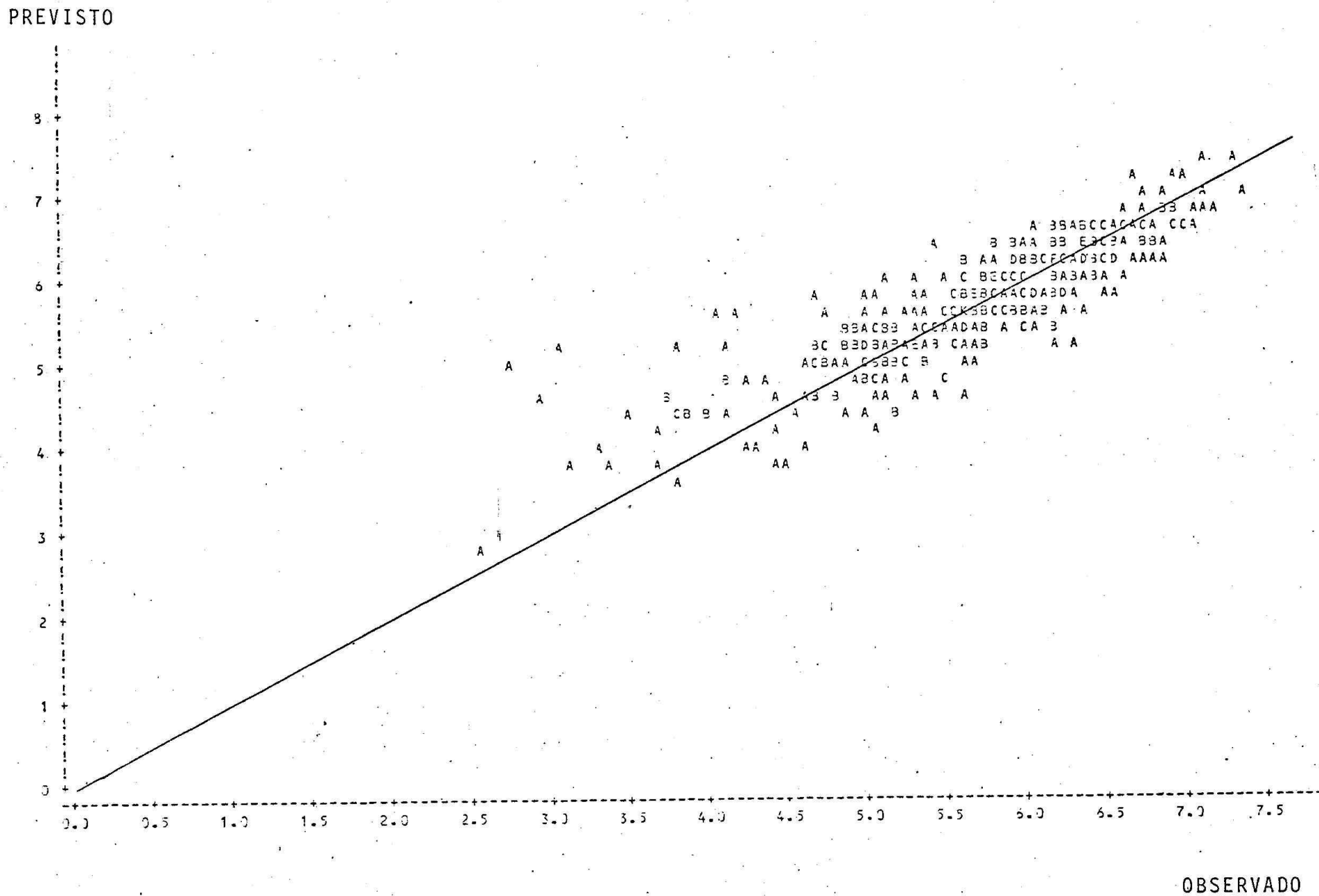
(Todas as variáveis na forma logarítmica)

Variável Dependente: V_i = total de veículos dos tipos na Tabela 3, no município i

| | Municípios com Populao $\leq 50.000^*$ | | Municípios com Populao $> 50.000^*$ | |
|--|---|---------|--------------------------------------|---------|
| 1. Constante | -6,612 | (-13,6) | -4,856 | (-14,9) |
| 2. D_i = densidade populacional (pessoas/km ²) | 0,097 | (3,6) | -0,121 | (-6,5) |
| 3. R_i = renda total mensal (salários mínimos) | 0,828 | (15,4) | 0,785 | (15,8) |
| 4. I_i = n estabelecimentos industriais | 0,049 | (1,1) | 0,176 | (3,3) |
| 5. C_i = receita média por estabelecimento varejista (Cr\$ 1980) | 0,023 | (3,0) | 0,302 | (9,0) |
| 6. NA_i = n estabelecimento a gropecurios | -0,091 | (-3,0) | - | - |
| 7. VA_i = valor da produo a gropecuria (Cr\$ 1980) | 0,310 | (10,1) | - | - |
| N | 390 | | 281 | |
| \bar{R}^2 | 0,74 | | 0,87 | |
| Desvio padrão da regressão | 0,43 | | 0,42 | |

* Estatísticas t entre parêntesis.

Figura 3 - Valores Previstos vs. Observados para Modelo Final de Municípios com 50.000 ou menos habitantes



observar que ambos os modelos, especialmente aquele para municípios de maior população, se ajustam muito bem aos dados. Isto aumenta a confiabilidade das inferências feitas a partir desses modelos.

2.4 - Discussão dos Resultados

Embora o modelo de frota de veículos para DIC em municípios de maior população seja de mais interesse para o presente estudo, por abranger as áreas urbanas mais significativas do País, é interessante considerar-se as diferenças e similaridades entre os dois modelos apresentados na Tabela 5.

A renda total mensal do município tem, em ambos os modelos, o impacto individual mais significativo dentre todas as variáveis independentes. É interessante notar que a elasticidade renda da frota é essencialmente idêntica nos dois casos. Isto quer dizer que, proporcionalmente, a frota de qualquer município reage de maneira idêntica a alterações do poder aquisitivo da população, ceteris paribus.

Como seria de se esperar, o número de estabelecimentos industriais do município (I_i) apresenta uma elasticidade positiva em ambos os casos, mas o efeito não é bem determinado nas cidades com menos habitantes.

Um exame dos coeficientes de receita média por estabelecimento varejista (C_i) nos dois modelos demonstra o importante impacto que o comércio varejista de um município tem sobre o tamanho da frota de DIC, especialmente nos municípios maiores. Para áreas urbanas com mais de 50.000 habitantes, a receita média por estabelecimento varejista tem o segundo maior impacto individual dentre os vários efeitos identificados. Cada 1% de aumento em C_i , seja isto causado por um aumento nas vendas ao consumidor, seja por um decréscimo no número de estabelecimentos, gera um aumento de 0,3% no tamanho da frota. Por outro lado, o coeficiente da variável receita média (C_i) nos municípios menores, embora estatisticamente significativo, é aproximadamente 15 vezes menor do que em municípios com população acima de 50.000 habitantes. Este efeito diferenciado nos parece muito razoável tendo em vista que o setor ter-

ciário de uma economia urbana será proporcionalmente maior nas cidades grandes que nas pequenas.

O modelo de frota de DIC para municípios com menos de 50.000 habitantes deixa clara a importância do setor agrícola como determinante da demanda por transporte de bens e serviços dentro de um município. Políticas de fomento à agricultura que aumentam o valor total da produção agrícola de um município criam uma demanda maior por veículos de DIC, na ordem de 30% por cada 100% de aumento no valor da produção. Por outro lado, a descentralização da produção agrícola num maior número de produtores diminui a frota de veículos comerciais leves e veículos leves de carga, ceteris paribus. A elasticidade da frota em relação ao número de estabelecimentos agrícolas é -0,1, que apesar de não representar um efeito muito forte é bem determinado estatisticamente.

O impacto da densidade populacional (D_i) é positivo em municípios menores e negativos nos maiores. Em outras palavras, o efeito de concentração de uma maior população numa mesma área permite uma operação mais eficiente de DIC, como seria de se esperar. O sinal negativo do parâmetro de D_i para municípios maiores é uma indicação de que podem existir economias de escala na DIC, um resultado que será posteriormente investigado na Seção 3, onde apresenta-se uma análise da função de custo de Empresas de Transporte de Carga (ETCs) operando em áreas urbanas. O parâmetro positivo de D_i para municípios com menos de 50.000 habitantes pode indicar que aumentos na densidade populacional (que são acompanhados por decréscimos na renda per capita, já que a renda total permanece constante) resultam num consumo maior da produção local, o que resultaria numa maior demanda por DIC.

2.5 - Conclusão

Esta primeira fase do trabalho teve o objetivo de identificar os fatores sócio-econômicos do município que determinam a existência e o tamanho da frota de distribuição intramunicipal de carga. A partir de dados do Cadastro da TRU e informações censitárias para o ano de 1980, foram estimados dois modelos de tamanho de frota, o primeiro para municípios com 50.000 ou menos habitantes e o segundo para municípios com mais de 50.000 habitantes.

Esses modelos permitiram quantificar as elasticidades do tamanho da frota de um município em função das características dos consumidores (número de habitantes, área do município e renda total), da intensidade da atividade industrial (número de indústrias) e comercial (receita média por estabelecimento varejista), e nos municípios menores, da intensidade da atividade agropecuária (número de estabelecimentos e valor da produção).

Os modelos indicam que o impacto individual mais significativo é o de renda, com respeito à qual o tamanho da frota de DIC tem uma elasticidade na ordem de 0,8. O fato de a renda ter tão importante impacto não constitui nenhuma surpresa, pois é a demanda final por bens e serviços que gera a maior parte da demanda por DIC. O crescimento populacional, desde que gere um aumento na renda total do município, resulta no crescimento da frota de DIC; este efeito é compensado, em municípios com mais de 50.000 habitantes, pelo efeito oposto causado pelo aumento na densidade populacional.

Aumentos na renda do município serão refletidos, naturalmente, num aumento nas vendas de produtos em estabelecimentos comerciais. Isto, por sua vez, gera um aumento no tamanho da frota de DIC (na ordem de 0,3% para cada 1% de aumento na receita média do comércio varejista, nas cidades com 50.000 ou mais habitantes). O crescimento do parque industrial de um município também gera crescimento da frota de DIC (aproximadamente 0,2% para cada 1% de aumento no número de indústrias, em municípios com mais de 50.000 pessoas, e 0,05% em municípios com 50.000 ou menos habitantes).

Finalmente, a atividade agropecuária, em municípios com menos de 50.000 pessoas, tem um importante impacto no número de veículos dos tipos utilizados na DIC. Cada 1% de aumento no valor da produção agropecuária resulta num aumento de 0,3% no tamanho da frota de veículos comerciais leves e veículos leves de carga. A descentralização da produção num maior número de estabelecimentos resulta num decréscimo do tamanho da frota (i.e. 1% de aumento no número de estabelecimentos causa uma diminuição de 0,1% no tamanho da frota).

3 - ESTRUTURA TECNOLÓGICA DAS EMPRESAS DE DISTRIBUIÇÃO URBANA DE CARGA

Para se quantificar a sensibilidade de firmas do setor de distribuição intramunicipal de carga (DIC) a variações de fatores exógenos, como preço de insumos, faz-se necessário que primeiro tenhamos uma descrição de uma tecnologia de produção. Por tecnologia entende-se não só a questão de qual equipamento utilizar para o serviço, como também know-how gerencial, práticas de manutenção, alocação de mão-de-obra operacional, utilização de autônomos, e assim por diante.

O objetivo específico é quantificar a tecnologia através do conhecimento da maior ou menor facilidade com que firmas de DIC substituem entre si os vários insumos necessários para manter um dado nível de produção, assim como o comportamento dessas firmas ante variações nos preços desses insumos. Propõe-se adquirir esse conhecimento através da estimação de uma função custo, para empresas de transporte (ETCs) que operam dentro de municípios, parametrizada por nível de produção e por preço.

A seguir, descrevem-se os dados utilizados nesta parte do trabalho e apresenta-se o modelo desenvolvido.

3.1 - Descrição dos Dados Utilizados

O Inquérito Especial IE-03, referente ao ano de 1980, abrange empresas públicas e privadas que se dedicam exclusiva ou preponderantemente à atividade de transporte, seja de passageiros ou carga, urbano ou interurbano. Não são incluídos os departamentos de transporte de indústrias e estabelecimentos comerciais, que estão representados em outro Inquérito Especial. Para o período de um ano fiscal, esse censo contém dados de natureza cadastral, econômico-financeira e operacional das empresas levantadas.

Para os objetivos do presente estudo, selecionaram-se empresas que indicavam operar predominantemente no Transporte Intramunicipal de Bens e Serviços. Aliado ao critério de ano fiscal de 12 meses (janeiro a dezembro de 1980), obteve-se uma amostra de 333 empresas. Devido à ausência de certas respostas essenciais nos questionários devolvidos por certas empresas, essa amostra cross-

-section ficou reduzida a 297 empresas. Essas empresas foram então submetidas a certos critérios de seleção relacionados aos i tens de custo utilizados neste estudo (vide Seção 3.7), o que reduziu a amostra para 84 empresas efetivamente utilizadas para a análise. Esses critérios de seleção visaram eliminar empresas com informações suspeitas.

As frotas das 84 empresas aprovadas nos testes mencionados acima têm em média 12 veículos, 9,5 dos quais são movidos a diesel e 2,5 a gasolina. Vê-se, portanto, que as frotas tendem a ser de pequeno porte, embora existam na amostra empresas com até 100 veículos. A impressão de que as empresas do setor são pequenas é reforçada pela observação de que, em média, o total de carga transportada é de 16.300 toneladas por ano por veículo. Embora não se tenham estatísticas sobre a quantidade de carga movimentada dentro dos municípios do Brasil, o mercado de serviços de distribuição/coleta de carga intramunicipal parece ser caracterizado por um grande número de pequenas empresas, atuando num ambiente competitivo com reduzida concentração da oferta. A questão pertinente da existência ou não de economias de escala será abordada posteriormente na discussão sobre a abordagem analítica (Seção 3.7).

O fato de as empresas tenderem a ser de pequeno porte têm reflexos importantes no impacto das diferentes opções de política de substituição de combustível. Por exemplo, uma empresa de pequeno porte provavelmente não teria o mesmo acesso a recursos e know-how gerencial para responder adequadamente a estímulos para a substituição de veículos mais velhos por outros mais novos e eficientes. Uma política visando a substituição de veículos poderia encontrar obstáculos, portanto, para sua implementação.

Do total de 1.027 veículos representados na amostra, apenas 8 utilizam o álcool como força motriz, fato pouco surpreendente considerando-se o ano de coleta dos dados.

Supõe-se que os custos incorridos pelas empresas de transporte possam ser agregados em seis grandes itens: capital, mão-de-obra operacional, manutenção da frota, combustível, capacidade autônoma e outros custos. Apresentam-se na Tabela 6 as médias observadas destes itens, bem como suas respectivas parcelas de participação no custo total da empresa.

Tabela 6 - Custos Médios e Participação Relativa dos Itens de Custo nas Empresas de Distribuição Intramunicipal

| Item de Custo | Custo Anual Médio (Milhões Cr\$ 1980) | Parcela Média de Participação no Custo Total (%) |
|-------------------------|--|--|
| Capital | 5,25 | 26,2 |
| Mão-de-Obra Operacional | 2,41 | 11,7 |
| Manutenção | 2,60 | 11,7 |
| Combustível | 3,21 | 17,8 |
| Autônomo | 5,62 | 25,2 |
| Outros | 2,94 | 7,4 |
| TOTAL | 22,04 | 100,0 |

FONTE: IBGE/1980 IE-03 (amostra de 84 empresas)

Note-se que os itens de custo de maior peso são os de capital (i.e. veículos) e a contratação de serviços de autônomos, cuja participação conjunta monta a 51,4% do custo total médio anual. Combustível é o terceiro maior item individualmente, com uma participação média de 17,8%.

3.2 - Abordagem para Análise

O objetivo primordial desta fase do estudo é mensurar o potencial de conservação de óleo diesel nas empresas DIC. Deve-se, entretanto, reconhecer que combustível é apenas um dentre vários fatores utilizados para produzir os serviços de coleta e distribuição de bens. Face a um aumento no preço de combustível, o empresário dispõe de várias opções para reduzir seus custos: 1) maiores investimentos na manutenção da frota existente; 2) otimização do roteamento dos veículos; 3) redução da equipe que opera o veículo e coleta/distribui a carga; 4) compra de veículos mais novos, com tecnologia motriz mais eficiente e/ou mais barata, em termos de consumo.

Propõe-se, então, modelar a estrutura de custos das empresas, considerando-se todos os fatores de produção utilizados para prestar os serviços de transporte. Presumindo que as empresas estejam em equilíbrio a longo prazo, e que os mercados dos fatores de produção sejam competitivos (ou seus preços exógenos à firma), a estrutura de custos pode ser representada pela função $C(Q,P)$, onde Q é uma medida da produção da empresa e P é um vetor de preços dos fatores. Por hipótese, supõe-se ser o custo total da empresa separável nas seguintes categorias:

- 1) capital
- 2) mão-de-obra operacional
- 3) manutenção da frota
- 4) energia (combustível)
- 5) contratação de autônomos
- 6) outros custos operacionais

3.2.1 - Definição dos Itens de Custo

a) Capital

Seria interessante poder refletir neste item o custo do capital investido na infra-estrutura e na frota. O IE-03 inclui um quesito denominado "Despesas com Depreciação/Amortização", que seria uma aproximação razoável para o custo desejado. Infelizmente, pouco mais da metade da amostra apresenta essa informação, tornando indesejável o uso desse quesito. Poder-se-ia aproximar esse custo se dispuséssemos de informações sobre a distribuição etária das frotas e a composição da infra-estrutura de cada firma, mas estes dados não constam no IE-03.

Como proxy do custo de capital, propõe-se utilizar o valor total em cruzeiros do imobilizado em meios de transporte, informação esta disponível para a totalidade das empresas na amostra.

b) Mão-de-Obra Operacional

Neste item de custo está incluído o total de salários de pessoal de tripulação e tráfego. Reflete-se, portanto, o custo da mão-de-obra diretamente envolvida na prestação de serviços aos clientes.

c) Manutenção da Frota

O custo de manutenção é definido pela soma dos salários do pessoal de manutenção com as despesas em peças/acessórios, pneus, material auxiliar, serviços prestados na empresa, e serviços prestados por terceiros. Vale aqui ressaltar que uma grande parte das empresas da amostra, por serem de pequeno porte, não possuem instalações próprias para manutenção dos veículos, que são, portanto, reparados por terceiros. Isto provavelmente implica, também, que essas empresas tendem a ter pouco ou nenhum estoque de peças e acessórios.

d) Combustível

É pouco plausível a idéia de que a empresa considere como sendo diferentes as várias tecnologias motrizes. A atividade fim da empresa é prestar um serviço de transporte ao menor custo possível, e as decisões tomadas sobre a composição de sua frota de veículos são decorrência desse objetivo. Sob esta ótica, define-se como custo de energia a soma das despesas com álcool, gasolina e diesel.

e) Autônomos

No caso do transporte rodoviário interurbano de carga (vide Rezende, 1984), os autônomos são amplamente utilizados pelas empresas transportadoras, constituindo-se uma frota virtual das empresas. Para melhor conhecer a interação entre o uso de capacidade própria da empresa de DIC versus a de ofertadores autônomos, decidiu-se isolar este custo num item próprio. A despesa com autônomos é um quesito coletado no IE-03, com respostas para todas as empresas.

f) Outros Custos Operacionais

Neste item estão englobadas todas as despesas operacionais que não constam dos itens anteriores, incluindo, assim, despesas com seguro e licenciamento dos meios de transporte, serviços de carga/descarga, e assim por diante. Incluem-se também os salários do pessoal de apoio (administrativo) e despesas com lubrificantes.

3.2.2 - Definição dos Preços dos Fatores de Produção

Para todas as categorias, excetuando-se energia, define-se o índice de preço como sendo

$$\frac{\text{custo da categoria}}{\text{n}^\circ \text{ total de veículos na frota}} \quad (\text{Cr\$/veículo})$$

Esses índices são, portanto, um custo médio anual do item por veículo para cada empresa. No caso do item energia, o índice preço é definido como

$$\frac{\text{despesa com combustível}}{\text{consumo total de álcool} + \text{gasolina} + \text{óleo diesel}} \quad (\text{Cr\$/1000ℓ})$$

sendo assim o preço médio anual de combustível para a empresa, considerando-se os tipos de veículos em sua frota, em termos dos combustíveis consumidos.

A Tabela 7 contém os mínimos, médias e máximos dos índices de preços dos fatores de produção. Os índices de preços poderiam apresentar uma ausência de variação, o que prejudicaria o trabalho de estimação da função custo. A amostra oriunda do IE-03 não apresenta problema neste sentido.

Tabela 7 - Índices de Preços dos Fatores de Produção

| Item de Custo | Índices de Preços (Cr\$) | | | |
|-------------------------|-----------------------------|--------|---------|-----------|
| | Unidade | Mínimo | Média | Máximo |
| Capital | 1980/veículo | 5.419 | 457.340 | 1.777.404 |
| Mão-de-Obra Operacional | 1980/veículo | 18.000 | 242.517 | 5.455.564 |
| Manutenção | 1980/veículo | 15.368 | 221.238 | 789.522 |
| Combustível | 1980/litro | 12.401 | 21.427 | 67.074 |
| Autônomos | 1980/veículo | 327 | 757.294 | 6.154.341 |
| Outros | 1980/veículo | 3.358 | 165.546 | 2.390.783 |

FONTE: IBGE/1980 IE-03; 84 empresas.

3.2.3 - Definição do Nível de Produção

O inquérito IE-03 inclui apenas toneladas de carga geral e de encomendas transportadas como medida de produção. Tal medida agregada ignora a natureza multiproduto do serviço prestado (e.g. perecibilidade do produto transportado, entrega urgente, distância de percurso, etc.), e é, portanto, incompleta. Dada a inexistência de alternativa, essa medida será utilizada no presente estudo.

3.2.4 - Comentários sobre a Especificação Econométrica da Função Custo

Como a forma funcional da função custo é desconhecida, faz-se necessário arbitrar uma função que seja estimável. Nessa escolha há que se considerar as implicações da forma funcional, em termos da teoria econômica. Opta-se, portanto, por uma forma funcional flexível, especificamente, a forma translog, para representar a função $C(Q,P)$. Essa forma é denominada flexível por não impor nenhuma estrutura à priori à função de custo (e.g. homoteticidade, retornos constantes). A forma translog tem sido utilizada em muitos estudos anteriores, tanto na área de transportes (vide, por exemplo, Rezende, 1984; Berechman e Giuliano, 1984; Berechman, 1983; Tauchen, Fravel e Gilbert, 1983; Friedlander e Spady, 1981) como em outros campos (por exemplo, na geração de energia elétrica, Christensen e Greene, 1976; Berndt e Wood, 1975).

A partir da função custo, pode-se calcular uma série de medidas que caracterizam a tecnologia de produção de serviços de DIC. Por exemplo, será possível estimar elasticidades de substituição entre fatores de produção, e a partir delas, avaliar o impacto do aumento de preço de combustível sobre os investimentos em novos veículos, manutenção da frota, contratação de serviços de autônomos, e assim por diante. Similarmente, elasticidades preço dos fatores de produção podem ser calculadas e utilizadas na avaliação de políticas. Outras medidas de interesse são a elasticidade do custo em relação ao nível de produção e medidas de economias de escala, que fornecerão uma visão da facilidade de entrada no mercado, da facilidade de expansão dos serviços ofertados pelas empresas, e assim por diante.

3.3 - Apresentação dos Resultados de Estimação

Nesta seção apresentam-se os resultados de estimação da função custo de empresas do setor de distribuição intramunicipal de carga, baseada na amostra de 84 empresas descrita na Seção 3.1.

3.3.1 - Especificação Detalhada da Função Custo e Método de Estimação

Em sua forma mais completa, a função de custo total a ser estimada é dada por:

$$\begin{aligned} \ln C(Q,P) = & a_0 + a_Q \ln Q + \frac{1}{2} a_{QQ} (\ln Q)^2 + \sum_{i \in I} b_i \ln P_i + \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i \in I} d_{ii} (\ln P_i)^2 + \sum_{i \in I} \sum_{\substack{j \in I \\ j \neq i}} d_{ij} (\ln P_i) (\ln P_j) + \\ & + \sum_{i \in I} v_i (\ln P_i) (\ln Q) \end{aligned} \quad (3.1)$$

onde a_0 , a_Q , a_{QQ} ,

b_i , d_{ii} , d_{ij} , v_i são parâmetros a serem estimados;

I é um conjunto de índices das categorias de custo = {Capital (K), Mão-de-Obra Operacional (L), Manutenção da Frota (M), Combustível (C), Contratação de Autônomos (A), e Outros (O)};

Q é a produção, em toneladas transportadas (vide Seção 3.2.3);

P_i é o índice de preço do insumo $i \in I$ (vide Seção 3.2.2).

Admitindo-se a simetria dos parâmetros d_{ij} (i.e., $d_{ij} = d_{ji}$, $\forall j \neq i$, $i, j \in I$), tem-se um total de 36 parâmetros a serem estimados a partir de 84 observações. Obviamente, a estimação deste grande número de parâmetros de uma amostra pequena é algo indesejável do ponto de vista de eficiência estatística, e acima de tudo, do bom senso, dada a possível existência de multicolinearidade entre os índices de preços dos fatores de produção.

Como já foi indicado anteriormente, estão disponíveis estimativas da participação de cada item no custo total. A partir de uma função custo translog (como a função (3.1)), pode-se obter as

equações correspondentes de participação, que são da forma:

$$S_i = b_i + \frac{1}{2} \sum_{j \in I} d_{ij} (\ln P_j) + v_i \ln Q, \quad \forall i \in I \quad (3.2)$$

onde S_i é a participação do item $i \in I$ no custo total da empresa, em forma de percentual. Note-se que os parâmetros do conjunto de equações (3.2) são os mesmos que os da função (3.1). Assim, estimando-se simultaneamente a função custo e as funções de participação, aumentam-se os graus de liberdade disponíveis sem aumentar o número de parâmetros. Uma equação de participação é redundante, porém, já que a soma das participações é sempre 100%. Portanto, será omitida a equação de participação do item Outros Custos; temos assim, 504 graus de liberdade para estimar 28 parâmetros. Os parâmetros da equação omitida podem ser calculados após a estimação a partir de certas identidades resultantes da imposição da condição de homogeneidade de grau um na função de custo (vide Berechman e Giuliano, 1984; Christensen e Greene, 1976; Rezende, 1984).

O método de estimação a ser utilizado trata o sistema de equações (3.1) mais (3.2), menos a equação de participação de Outros Custos, como um conjunto de equações sem relacionamento aparente (Seemingly Unrelated Regressions), mas que possivelmente tem termos de erro correlacionados. O método de estimação, conhecido como o método de Zellner (1962), é equivalente ao uso de um estimador de máxima verossimilhança quando repetido até a convergência dos parâmetros. A relevância deste fato para o presente trabalho é que o método iterativo de Zellner resulta em estimativas dos parâmetros que são independentes da equação de participação omitida do sistema (ver Christensen e Greene, 1976, para maiores detalhes sobre este resultado).

3.3.2 - A Função de Custo Estimada

Antes de se proceder à estimação da função custo utilizando a metodologia acima descrita, estimaram-se os parâmetros de cada uma das 6 funções em questão separadamente, utilizando os Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Uma análise dos resíduos dessas equações demonstrou existir um forte efeito heterocedástico, sempre em função da respectiva variável dependente. Fez-se necessário corrigir este efeito antes de proceder à estimação simultânea

nea do sistema. Para efetuar a correção, usou-se o método descrito em Kmenta (1972), p.264, para estimar as variâncias, que foram utilizadas para homogeneizar os termos de erro das várias equações, por faixa de cada variável dependente (custo total e participações).

Feita a correção da heterocedasticidade, estimaram-se os parâmetros do sistema de seis equações através do método de Zellner Iterativo. Os resultados são apresentados na Tabela 8. Em geral, o nível de significância dos parâmetros é alto, especialmente no que diz respeito aos coeficientes das variáveis de preços (i.e. os b_{ij} s e d_{ij} s). As variáveis de pouco peso são quase que exclusivamente limitadas àquelas envolvendo o nível de produção (Q) da firma (i.e. a_Q , a_{QQ} , e os v_{ij} s).

Para que uma função de custo atenda às condições da teoria econômica (e mais, para que permita sua extrapolação fora do domínio da amostra utilizada), é necessário que ela seja concava nos preços dos insumos e que todas as taxas de participação sejam positivas. Uma condição necessária e suficiente para assegurar a concavidade é que os parâmetros b_K , b_L , b_M , b_C , b_A e b_0 sejam positivos (vide Berechman, 1983). Note-se que a função estimada da Tabela 8 atende essa condição. Com relação à exigência que as participações S_i , $i \in I$, sejam positivas, os parâmetros apresentados na Tabela 8 resultam em valores negativos nos itens Capital ou Contratação de Autônomos, para 16 observações.

Com o intuito de explorar a estrutura de produção do setor, foram testadas três hipóteses específicas, quais sejam:

(1) o fator de escala é uma constante

Será a (des)economia de escala independente da quantidade de carga transportada? Impõe-se esta hipótese no modelo através das seguintes restrições paramétricas:

$$H_0^1: a_{QQ} = v_K = v_L = v_M = v_C = v_A = 0$$

(2) homoteticidade

Mantendo-se constante a utilização relativa entre dois insumos (e.g. capital e mão-de-obra operacional), se for alterado o nível de produção, será mantida a mesma elasticidade de subs

Tabela 8 - Parâmetros Estimados da Função de Custo:
Sem Restrições

| Parâmetro | Valor Estimado | Estatística t Assintótica |
|-----------------|----------------|------------------------------|
| a ₀ | 7,612 | 1,7 |
| a _Q | 1,128 | 1,1 |
| a _{QQ} | -0,051 | -0,4 |
| b _K | 0,0873 | 1,8 |
| b _L | 0,0991 | 3,1 |
| b _M | 0,1034 | 2,1 |
| b _C | 0,3248 | 5,3 |
| b _A | 0,1937 | 3,2 |
| b _O | 0,1917 | - |
| d _{KK} | 0,1289 | 14,3 |
| d _{LL} | 0,0286 | 10,0 |
| d _{MM} | 0,0349 | 5,6 |
| d _{CC} | 0,0388 | 3,2 |
| d _{AA} | 0,0893 | 13,5 |
| d _{OO} | 0,0509 | - |
| d _{KL} | -0,0281 | -9,2 |
| d _{KM} | -0,0359 | -7,7 |
| d _{KC} | -0,0176 | -2,5 |
| d _{KA} | -0,0349 | -9,2 |
| d _{KO} | -0,0124 | - |
| d _{LM} | 0,0184 | 4,8 |
| d _{LC} | 0,0023 | 0,5 |
| d _{LA} | -0,0124 | -5,9 |
| d _{LO} | -0,0088 | - |
| d _{MC} | 0,0018 | 0,3 |
| d _{MA} | -0,0139 | -4,5 |
| d _{MO} | -0,0053 | - |
| d _{CA} | -0,0145 | -3,3 |
| d _{CO} | -0,0108 | - |
| d _{AO} | -0,0136 | - |
| v _K | 0,0024 | 0,4 |
| v _L | 0,0037 | 1,0 |
| v _M | 0,0052 | 0,9 |
| v _C | -0,0084 | -1,2 |
| v _A | -0,0005 | -0,1 |
| v _O | -0,0024 | - |

Soma dos Quadrados dos Resíduos (Sistema) = 503,976

Graus de Liberdade = 504

Número de Parâmetros = 28

NOTAS: (1) Os parâmetros relacionados a Outros Custos foram calculados de acordo com as identidades resultantes da imposição de homogeneidade de grau um na função de custo (vide Berechman e Giuliano, 1984; Rezende, 1984):

$$b_0 = 1 - \sum_{i \neq 0} b_i$$

$$d_{i0} = \sum_{j \neq i} d_{ij} \cdot v_{j0}$$

$$v_0 = - \sum_{i \neq 0} v_i$$

Embora não tenha sido feito aqui, estimativas das variâncias dos parâmetros de Outros Custos poderiam ser obtidas a partir da matriz de covariância dos 28 parâmetros efetivamente estimados.

(2) Utilizou-se a Procedure SYSNLIN do Statistical Analysis System (SAS), Versão 82.4, para estimar os parâmetros.

tituição entre os insumos? Esta condição refere-se a pares de insumos. A hipótese específica a ser aqui testada impõe que a estrutura de produção seja homotética para todos os pares de fatores de produção:

$$H_0^2: v_K = v_L = v_M = v_C = v_A = 0$$

(3) separabilidade de A vs. (K, L, M, C, O)

Será o produto marginal da utilização de capacidade autônoma independente do nível de utilização dos demais fatores de produção (basicamente, os insumos que definem a frota própria)? A hipótese é refletida pelas restrições abaixo:

$$H_0^3: d_{KA} = d_{LA} = d_{MA} = d_{CA} = 0$$

Estimaram-se três funções de custo refletindo as restrições paramétricas acima. As três hipóteses não puderam ser individualmente rejeitadas, o que nos leva a sugerir que, pela evidência da presente amostra de empresas, o setor de distribuição intramunicipal de carga tem uma tecnologia de produção homotética com fator de escala da homoteticidade constante (pelo menos na faixa de produção representada na amostra, ou seja, de 300 a 100.000 toneladas anuais); ademais, parece existir separabilidade entre o insumo Capacidade Autônoma e os demais fatores de produção. Para testar a hipótese que todas as três condições são satisfeitas simultaneamente, estimou-se uma quarta especificação, apresentada na Tabela 9. Este modelo restrito não é significativamente diferente do modelo não restrito (Tabela 8).¹ Portanto, aceita-se a descrição, acima sugerida, da tecnologia do setor de DIC.

Em relação à questão de regularidade da função de custo da Tabela 9, ela é côncava nos preços dos insumos e prediz taxas de participação positivas para todos os insumos em todas as observações da amostra, com a exceção de duas empresas, que apresen

¹ Utiliza-se a estatística $-2\ln R$, sendo $R = SQR_C / SQR_S$, onde SQR_C é a soma dos quadrados dos resíduos (para o sistema) com restrições, e SQR_S sem restrições. A estatística tem distribuição chi-quadrado com o número de graus de liberdade igual ao número de restrições.

Tabela 9 - Parâmetros Estimados da Função de Custo: Restrições de Homoteticidade, Retornos de Escala Constantes, e Separabilidade de (A) vs. (K,L,M,C,O)

| Parâmetro | Valor Estimado | Estatística t Assintótica |
|-----------|----------------|---------------------------|
| a_0 | 8,866 | 9,9 |
| a_Q | 0,757 | 7,4 |
| b_K | 0,1126 | 5,4 |
| b_L | 0,1317 | 11,3 |
| b_M | 0,1519 | 8,8 |
| b_C | 0,2400 | 8,7 |
| b_A | 0,2051 | 13,5 |
| b_O | 0,1587 | - |
| d_{KK} | 0,1029 | 11,8 |
| d_{LL} | 0,0245 | 8,5 |
| d_{MM} | 0,0295 | 4,8 |
| d_{CC} | 0,0393 | 3,4 |
| d_{AA} | 0,0299 | 6,3 |
| d_{OO} | 0,0207 | - |
| d_{KL} | -0,0321 | -10,2 |
| d_{KM} | -0,0407 | -8,7 |
| d_{KC} | -0,0221 | -3,3 |
| d_{KO} | -0,0080 | - |
| d_{LM} | 0,0147 | 3,8 |
| d_{LC} | 0,0009 | 0,2 |
| d_{LO} | -0,0080 | - |
| d_{MC} | 0,0009 | 0,1 |
| d_{MO} | -0,0047 | - |

Soma dos Quadrados dos Resíduos (Sistema) = 503,274

Graus de Liberdade = 504

Número de Parâmetros = 18

tam valores negativos para o item Capital. Isto representa uma melhoria sensível em relação ao modelo sem restrições, que viola a segunda condição para um número significativo de empresas.

Portanto, com base na evidência estatística relatada acima, bem como do melhor desempenho teórico da função de custo com restrições, esta será utilizada posteriormente para análises da estrutura de produção e avaliação de impactos de políticas diversas.

3.4 - Discussão dos Resultados

3.4.1 - Caracterização da Estrutura de Custo

A partir dos parâmetros da função de custo, pode-se obter uma série de elasticidades que caracterizam a estrutura de produção do setor de distribuição intramunicipal de carga.

Em primeiro lugar, podemos estimar a elasticidade do custo em relação ao nível de produção (carga transportada). Para uma função de custo translog, essa elasticidade é dada por:

$$\bar{E}_Q^C = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q} = a_Q + a_{QQ} \ln Q + \sum_{i \in I} v_i (\ln P_i) \quad (3.3)$$

que no presente caso reduz-se (devidos às restrições impostas no modelo da Tabela 9) à estimativa de

$$\bar{E}_Q^C = \hat{a}_Q = 0,76 \quad (3.4)$$

qualquer seja o nível de produção e os preços dos insumos. Assim, um aumento de 1% na quantidade de carga transportada resulta num aumento de 0,76% no custo total da empresa. Em outras palavras, existem economias de escala para o setor, que podem ser quantificadas a través do índice

$$\hat{S}_Q = 1 - \hat{E}_Q^C = 0,24, \quad (3.5)$$

indicando que um aumento de 1% de carga transportada (Q) resulta num aumento do custo total da empresa 0,24% abaixo do que seria esperado se o aumento de custo fosse proporcional ao aumento em Q. Ressalta-se que essa economia de escala existe em relação ao nível de produção, não em relação ao tamanho da empresa (medida através de algum índice representativo da capacidade ofertada pela firma).

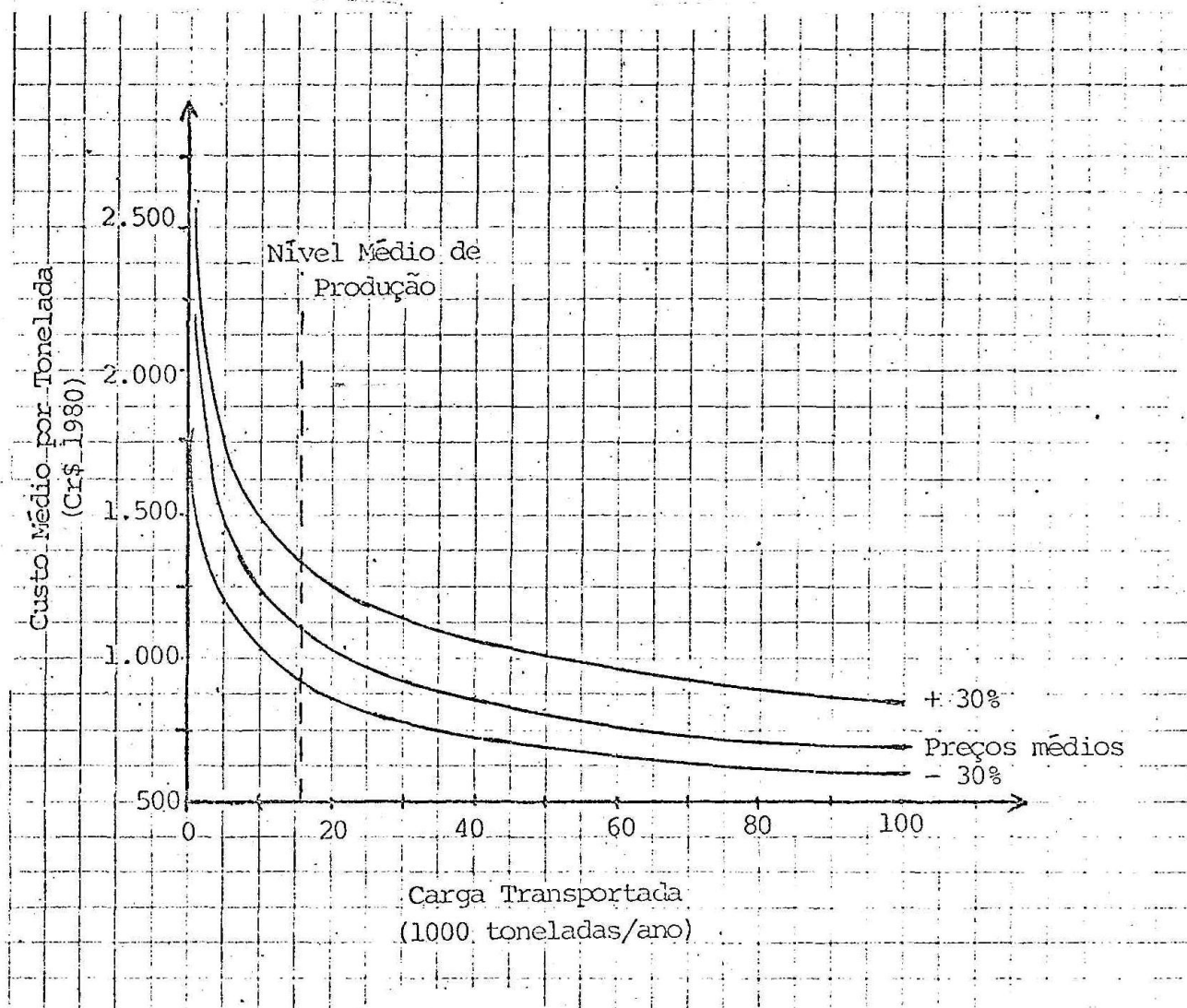
Esta diferença tem uma implicação prática interessante: com o reaquecimento da economia brasileira, a existência de economias de escala (com relação a Q) no setor de DIC sugere que o crescimento da demanda deverá resultar principalmente numa melhor utilização das frotas existentes, e só depois que forem exauridas as eficiências possíveis com a frota própria e utilização de autônomos é que deverão ser feitos investimentos de capital (i.e. aumento de capacidade própria).

Outra implicação desta diferença é que um aumento da demanda pelos serviços do setor não implica necessariamente o surgimento de empresas de maior porte do que aquelas atualmente em existência, se medirmos o "tamanho" da empresa em função da capacidade ofertada. Uma possível explicação para fundamentar este comentário reside na relativamente alta dispersão geográfica da demanda numa área urbana, quando comparado ao caso interurbano. Devem existir poucas oportunidades para aproveitar a concentração espacial (e temporal) da demanda, o que é refletido na inexistência de terminais de consolidação e na utilização de veículos de menor capacidade na distribuição intramunicipal de carga.

Outra maneira de observar a existência de economias de escala está na Figura 4, que mostra o custo médio por tonelada transportada em função do total de carga movimentada por uma empresa. Três curvas de custo médio são mostradas, uma nos preços médios da amostra, outra com todos os preços 30% acima e outra com todos os preços 30% abaixo das respectivas médias. As economias de escala são evidenciadas pelo custo médio sempre decrescente em função de aumentos de produção. A Figura 4 nos alerta, porém, a exercer cautela na interpretação da existência de economias de escala independentes do nível de produção. Como se pode ver na figura, o nível médio de produção das empresas na amostra é de apenas 16.000 toneladas/ano, uma quantidade cinco vezes menor do que o transporte efetuado pela maior empresa observada (aproximadamente 100.000 toneladas/ano). A existência de poucas firmas com uma produção acima de 50.000 toneladas/ano afeta seriamente a confiança que podemos ter nessa inferência sobre economias de escala.

Uma segunda maneira de caracterizar a estrutura de produção de serviços de distribuição urbana de carga é através

Figura 4 - Custo Médio por Tonelada Transportada em Função do Nível de Produção



FONTE: Modelo de Custo Total, Tabela 9.

das elasticidades de substituição técnica entre pares de insumos. Essas elasticidades, cujos valores estimados a partir do modelo de custo total da Tabela 9 são apresentados na Tabela 10, transmitem dois fatos importantes sobre a maneira em que a utilização de dois insumos pode transcorrer. Primeiro, se a elasticidade é positiva, indica que para manter-se o mesmo nível de produção, é possível substituir-se um insumo (do par) pelo outro (i.e. aumentar a utilização de um insumo implica uma menor utilização do outro); se for negativa, indica que para manter-se a produção constante é necessário aumentar ou diminuir simultaneamente a participação de ambos os insumos no processo de produção.

Examinando a Tabela 10, vê-se que (Capital e Mão-de-Obra Operacional) e (Capital e Manutenção da Frota) são os únicos pares de insumos complementares. Especificamente, as duas elasticidades de substituição em questão simplesmente indicam que uma variação de preço que resulte num aumento no tamanho da frota (i.e. um aumento da participação de capital no custo total) resultará também num aumento da participação dos itens Mão-de-Obra e Manutenção. Por outro lado, o aumento da participação de capital no custo total resulta numa menor participação do item energia, apesar da quantidade de carga transportada manter-se constante.

Note-se que, em consequência da hipótese de separabilidade de capacidade autônoma (A) de todos os demais insumos, este se torna um substituto dos demais insumos. O consumo de energia (C) também apresenta essa mesma característica.

As elasticidades de substituição técnica também indicam, através de suas magnitudes, a facilidade de substituição entre insumos. Em princípio, as elasticidades variam de menos infinito (complementos perfeitos) a mais infinito (substitutos perfeitos), com o valor zero representando a situação de impossibilidade de substituição. Assim, nota-se que a estrutura de produção de serviços de distribuição intramunicipal de carga é bastante rígida, pois as elasticidades da Tabela 10 são pequenas, em valores absolutos. A rigidez da tecnologia é explicada pelo fato que ela é calculada fundamentalmente na unidade veículo/tripulação que a caracteriza como sendo de proporções fixas. Os resultados indicam que a substituição mais "fácil" de se efetuar é a substituição de uma unidade veículo/tripulação da frota própria por uma unidade autônoma.

Tabela 10 - Elasticidades Estimadas de Substituição Técnica (de Allen)
Entre Pares de Insumos (Nos Preços Médios da Amostra)

| | (K) Capital | (L) Mão-de-Obra Operacional | (M) Manutenção da Frota | (C) Consumo de Energia | (A) Capacidade Autônoma | (O) Outros |
|--------------------------------|----------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------|
| (K) Capital | -1,4 | -0,2 | -0,4 | 0,4 | 1,0 | 0,7 |
| (L) Mão-de-Obra Operacional | -0,2 | -6,1 | 2,1 | 1,1 | 1,0 | 0,4 |
| (M) Manutenção da Frota | -0,4 | 2,1 | -5,2 | 1,0 | 1,0 | 0,7 |
| (C) Consumo de Energia | 0,4 | 1,1 | 1,0 | -3,7 | 1,0 | 0,1 |
| (A) Capacidade Autônoma | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -2,7 | 0 |
| (O) Outros | 0,7 | 0,4 | 0,7 | 0,1 | 0 | -2,6 |

FONTE: Modelo de Custo Total, Tabela 9.

Além das elasticidades de substituição técnica entre insumos, podemos calcular elasticidades das demandas por insumos em relação aos preços dos insumos. Essas elasticidades são apresentadas na Tabela 11, para o modelo de custo da Tabela 9. Conforme seria desejável, o modelo de custo prediz auto-elasticidades-preço negativas, indicando que um aumento no preço de um insumo resulta na diminuição da demanda pelo insumo. Por exemplo, o aumento de 1% no preço de energia resulta num decréscimo de 0,6% na participação do item Consumo de Energia no custo total. Vistas em conjunto, as auto-elasticidades refletem a estrutura rígida da tecnologia do setor, pois a demanda pelos insumos é inelástica em relação aos seus próprios preços. As elasticidades cruzadas, de pequena magnitude, refletem também esta rigidez tecnológica.

Os baixos valores das elasticidades preço são explicados pelo fato de que estes índices de sensibilidade refletem não só o impacto absoluto do preço na demanda por um insumo como também a participação do insumo no custo total.

Assim, uma empresa do setor diminui seu dispêndio com energia quando sobe o preço de combustíveis, e aumenta sua demanda pelos outros insumos para manter o nível de produção constante. Mas, por ser energia um entre vários insumos utilizados numa tecnologia com poucas possibilidades de substituição entre insumos, a empresa é levada a responder ao estímulo de uma maneira menos do que proporcional. A empresa responde ao estímulo comprando veículos mais eficientes, fazendo uma manutenção mais aprimorada da frota e contratando veículos autônomos.

3.4.2 - Simulação de Políticas

Nesta seção apresentam-se os resultados simulados de algumas políticas que visam diminuir o consumo de combustível no setor de DIC. Como vimos no item anterior, a indústria em questão apresenta uma tecnologia rígida na qual é difícil efetuar a substituição entre insumos. Porém, o modelo de custo estimado sugere que existem algumas possibilidades de substituição entre Energia e os outros insumos relativos à frota própria de uma empresa, bem como possibilidade de substituir a capacidade autônoma pela capaci-

Tabela 11 - Elasticidades-Preço Estimadas nos Preços Médios da Amostra

| Alteração de 1% no Preço do Item | Reação do Custo no Item (%) | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------|
| | Capital | Mão-de-Obra Operacional | Manutenção da Frota | Consumo de Energia | Capacidade Autônoma | Outros |
| Capital | -0,3 | * | * | * | * | 0,1 |
| Mão-de-Obra Operacional | * | -0,7 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | * |
| Manutenção da Frota | * | 0,2 | -0,6 | 0,2 | 0,2 | * |
| Consumo de Energia | 0,1 | 0,1 | 0,1 | -0,6 | 0,2 | * |
| Capacidade Autônoma | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | -0,6 | * |
| Outros | 0,2 | * | * | * | * | -0,3 |

FONTE: Modelo de Custo Total, Tabela 9.

*Elasticidade com valor absoluto inferior a 0,1.

dade própria, o que pode resultar num decréscimo do item Energia no custo total da empresa.

Parece possível, porém, dada a rigidez da tecnologia, que políticas atuando apenas sobre o preço de Energia tenham menos impacto do que outras agindo simultaneamente sobre vários itens de custo. Sob esta ótica, serão analisadas quatro políticas:

Política I: Aumento de 10% no preço de Energia.

Política II: Decréscimo de 10% no preço de Capital.

Política III: Aplicação simultânea de I e II.

Política IV: Aumento de 10% no preço de Energia e um decréscimo de 10% no preço de Manutenção.

O propósito de analisar as Políticas I e II é exemplificar o impacto de ações dirigidas a um só item, uma atuando diretamente sobre o preço do insumo Energia e outra atuando sobre o preço para aquisição de novos veículos. Essa última simularia o impacto da expansão de uma linha de crédito para renovação de frotas com veículos mais recentes, presumivelmente com melhor eficiência energética. A Política III é uma de duas políticas com ação simultânea, combinando as Políticas I e II. Finalmente, a Política IV explora uma outra possibilidade para redução do consumo de Energia apontada na Tabela 11, qual seja, a redução do preço de Manutenção da Frota.

As simulações serão efetuadas para uma empresa "típica" do setor que tem a distribuição de participação dos vários itens de custo dada pelas proporções médias da amostra (vide a Tabela 6). Na Tabela 12 estão indicados os percentuais de alteração das participações dos itens no custo total em relação à situação base, dado que permanece constante a quantidade de carga transportada.

Ao contrário do que se esperava, o maior impacto individual dever ser atribuído ao item Energia (Política I), para o qual o aumento de preço por 10% resulta num decréscimo de 6% na taxa de participação do item no custo total. Em resposta ao aumento no preço da Energia, a empresa diminui o consumo deste

Tabela 12 - Simulação de Políticas para Conservação de Energia

Política I: Aumento de 10% no preço de Energia.

Política II: Decréscimo de 10% no preço de Capital.

Política III: Aplicação simultânea de I e II.

Política IV: Aumento de 10% no preço de Energia e um Decréscimo de 10% no preço de Manutenção.

| | Variação % da Participação do Item no Custo Total | | | |
|-------------------------|---|------|------|------|
| | Impacto da Política | | | |
| | I | II | III | IV |
| Capital | 0,7 | 3,3 | 4,0 | 1,2 |
| Mão-de-Obra Operacional | 1,7 | 0,5 | 2,2 | -0,9 |
| Manutenção da Frota | 1,7 | 0,9 | 2,6 | 8,1 |
| Consumo de Energia | -6,0 | -1,1 | -7,1 | -7,3 |
| Capacidade Autônoma | 1,6 | -2,4 | -0,8 | 0,4 |
| Outros | 0,1 | -1,8 | -1,7 | -0,8 |

insumo e o substitui com a compra de capacidade autônoma (que serve não apenas como fonte de capacidade mas também como uma válvula de escape para amenizar o impacto do aumento) e com a aquisição de veículos mais eficientes (e conseqüentes aumentos na mão-de-obra e manutenção).

A Política II, que simularia uma facilitação na aquisição de novos veículos através de um decréscimo no preço de capital, tem pouco impacto sobre o consumo de Energia, embora indique-se um decréscimo na taxa de participação de Energia no custo total. O investimento na frota resultante do decréscimo do preço de Capital leva também a um menor uso da capacidade autônoma.

A aplicação simultânea das Políticas I e II (i.e. Política III) resulta num decréscimo da taxa de participação de Energia no custo total na ordem de 20% acima daquela atingida apenas pela Política I. Assim, parece ainda justificar-se a intuição inicial que ações simultâneas podem ser bastante proveitosas em relação a ações sobre apenas um item.

A Política IV resulta em um decréscimo um pouco maior do que a Política III na taxa de participação de Energia. Dada a aparente dificuldade de se atuar sobre o preço de Manutenção da Frota, parece pouco proveitoso seguir esta linha para afetar o consumo de energia.

Ressalta-se que as simulações apresentadas acima não implicam necessariamente que aumentos no preço da Energia resultariam num decréscimo de seu consumo no setor. Implica, sim, que as empresas de distribuição de carga responderiam ao estímulo através da compra de capacidade autônoma (o que simplesmente transfere o consumo de Energia da empresa para o autônomo), da aquisição de veículos (que, se forem mais eficientes energeticamente, podem resultar numa diminuição do consumo global) e de maiores gastos com manutenção (o que também pode levar a uma maior eficiência energética).

3.5 - Conclusão

Com o objetivo de se estudarem meios de promover a economia de Energia consumida no setor de distribuição intramunicipal de carga, utilizou-se uma amostra de 84 empresas dessa indústria para estimar uma função de custo. A partir dessa função foi possível quantificar a sensibilidade das empresas a variações do preço de energia, capital e outros insumos. A abordagem adotada reconhece que a energia é um dentre vários insumos usados pelas empresas para produzir seus serviços e que, portanto, existe uma gama de reações possíveis face a alterações nos preços.

Seis categorias de insumos foram definidos neste estudo: Capital (imobilizado na frota), Mão-de-Obra Operacional (tripulação dos veículos), Manutenção da Frota (mão-de-obra, peças, acessórios, ...), Consumo de Energia, Contratação de Capacidade Autónoma, e Outros Custos (administração, seguro, licenciamento, ...). Como medida do nível de produção, utilizou-se a quantidade de carga transportada pela empresa individual.

A partir dos dados e da função de custo total pode-se fazer algumas observações sobre a estrutura do setor e a tecnologia de produção de seus serviços:

1) as empresas do setor tendem a ser de pequeno porte (em média, 12 veículos transportando um total de 16.000 toneladas por ano);

2) a maioria das empresas opera num nível de produção aonde existem economias de escala significativas em relação à produção (não necessariamente em relação ao tamanho da firma, medido em função da capacidade ofertada);

3) as economias de escala independem da quantidade de carga transportada, o que pode ser resultado da ausência de firmas de maior porte na amostra estudada;

4) dado que a tecnologia do setor é baseada na unidade veículo/tripulação, a estrutura de produção é relativamente rígida (aproximando-se a uma tecnologia de proporções fixas), embora exista possibilidade de substituição entre insumos;

5) as empresas parecem encarar a Capacidade Autônoma como uma extensão da frota própria, pois ela é substituta para todos os demais insumos;

6) a Capacidade Autônoma não só opera como reguladora da oferta de capacidade, como também é um meio da empresa amenizar os impactos de aumentos nos preços de insumos.

Utilizando a função de custo estimada, foi simulada a reação de uma empresa "típica" do setor a quatro políticas que atuam sobre o preço da Energia, isoladamente ou em conjunto com alterações por preços de Capital e Manutenção da Frota. Demonstrou-se que existe potencial para afetar a utilização do insumo Energia através da manipulação de seu preço, embora essa reação não implique necessariamente um decréscimo global do consumo de Energia. Este fenômeno pode ser explicado pelo item (6) acima. Na prática, acredita-se que uma política que atue simultaneamente sobre o preço de Energia e de Capital seja o caminho mais promissor para obter o resultado desejado.

4 - POSSÍVEIS EXTENSÕES AO TRABALHO

O transporte intramunicipal de carga (seja um bem ou um serviço) está presente em várias etapas do processo de produção: primeiro, está na interface entre os estoques locais de insumos e as indústrias de um município; segundo, é a ligação entre o transporte de longa distância (i.e. intermunicipal) e os estoques locais de insumos e produtos acabados; e terceiro, está presente entre os estoques locais de bens e ofertadores de serviços, e o consumidor final. Este estudo representa um primeiro passo para o conhecimento deste importante setor da indústria de transporte de bens e serviços.

Uma importante questão levantada neste trabalho refere-se aos tributos atualmente incidentes sobre os veículos utilizados na distribuição intramunicipal de carga (DIC). Sobre veículos leves de carga, especialmente aqueles movidos a óleo diesel, incide uma alíquota de IPI mais elevada do que para veículos de carga mais pesados. Isto nos parece um desestímulo ao uso de veículos e tecnologia motriz mais adequados ao serviço de DIC.

Não é raro observar-se, nas regiões populosas dos grandes centros urbanos do País, veículos médios e pesados de carga efetuando serviços de DIC. Isso nos leva a sugerir que seria desejável explorar duas questões relacionadas: primeiro, não se tem conhecimento de estudos que orientem o selecionamento de equipamentos apropriados à distribuição local de bens e serviços; segundo, a conveniência de se separarem os componentes de transporte de longa distância daqueles de distribuição urbana de carga. Este segundo ponto toca no tema das Centrais de Frete, um tópico que suscitou bastante interesse no fim da década de 70, mas que com o desaquecimento da economia brasileira no início da década de 80, teve sua discussão adiada. Uma avaliação dos benefícios e custos associados à implantação de Centrais de Frete, bem como de seu modus operandi, nos parece de grande relevância.

Como ficou evidente neste estudo, o Transportador Autônomo é um importante elemento do sistema de DIC. Embora não se tenham informações precisas sobre a distribuição etária dos veículos de autônomos operando no mercado de DIC, sabe-se que a idade média da frota brasileira de transporte rodoviário de carga é da ordem de oito anos. Suspeita-se que uma boa parcela dos veículos autônomos de DIC sejam veículos retirados do transporte interurbano de carga, o que resultaria numa idade média maior que oito anos. Isso tem reflexos negativos no consumo de energia no setor de DIC. Parece-nos útil, portanto, investigar meios de promover a renovação da frota de autônomos operando no setor.

BIBLIOGRAFIA

- BERECHMAN, J. Costs, economies of scale and factor demand in bus transport. Journal of Transport Economics and Policy, London, 17 (1): 1-24, 1983.
- BERECHMAN, J. e GIULIANO, G. Analysis of the cost structure of an urban bus transit authority. Transportation Research - Part B, New York, 8 (4/5): 273-87, 1984.
- BERNDT, E. e WOOD, D. Technology, prices and the derived demand for energy. Review of Economics and Statistics, Cambridge, 57 (3): 259-68, Aug. 1975.
- CHRISTENSEN, L. e GREENE, W. Economies of scale in U.S. electric power generation. Journal of Political Economy, Chicago, 84 (4): 655-76, Aug. 1976.
- FRIEDLANDER, A. e SPADY, R. Freight transport regulation. Cambridge, Mass., MIT Press, 1981.
- GEIPOT. Anuário estatístico dos transportes - 1984. Brasília, 1984.
- IBGE. Recenseamento geral - 1980; inquérito especial IE-03. Rio de Janeiro, 1980.
- KMENTA, J. (1972), Elements of Econometrics, Macmillan, New York.
- PINDYCK, R. e RUBINFELD, D. Econometric models and economic forecasts. New York, McGraw-Hill, 1981.
- RECK, G. Análise econômica das empresas de transporte rodoviário de carga. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1983, Tese (M).
- REZENDE, Antonio E. Análise da demanda por insumos das empresas profissionais de transporte rodoviário de carga. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1984. (Texto para discussão. Grupo de Energia, 21).
- TAUCHEN, H., FRAVEL, F. e GILBERT, G. Cost structure of the intercity bus industry. Journal of Transport Economics and Policy, London, 17 (1): 25-47, 1983.
- ZELLNER, A. An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. Journal of the American Statistical Association, Washington, 57: 348-63, 1962.

TEXTOS PARA DISCUSSÃO DO GRUPO DE ENERGIA (TDE)

- Nº I - "Uma Avaliação dos Impactos Ambientais e Socio-Econômicos Locais Decorrentes da Industrialização do Xisto", Sérgio Margulis e Ricardo Paes de Barros, Dezembro 1981, 30 p.
- Nº II - "Recursos Nacionais de Xistos Oleíferos: Um Levantamento com Vistas ao Planejamento Estratégico do Setor", Lauro R.A. Ramos e Ricardo Paes de Barros, Dezembro 1981, 76 p.
- Nº III- "Agricultura e Produção de Energia: Avaliação do Custo da Matéria-Prima para Produção de Álcool", Equipe IPEA/IPT, Janeiro 1982, 64 p.
- Nº IV - "Um Modelo de Crescimento para a Indústria do Xisto", Ricardo Paes de Barros e Lauro R.A. Ramos, Fevereiro 1982, 57 p.
- Nº V - "Um Modelo de Planejamento de Oferta de Energia Elétrica", Octávio A.F. Tourinho, Março 1982, 12 p.
- Nº VI - "A Economia do Carvão Mineral", Eduardo M. Modiano e Octávio A.F. Tourinho, Março 1982, 48 p.
- Nº VII- "Um Modelo Econométrico para a Demanda de Gasolina pelos Automóveis de Passeio", Ricardo Paes de Barros e Silvério Soares Ferreira, Maio 1982, 135 p.
- NºVIII- "A Critical Look at the Theories of Household Demand for Energy", Ali Shamsavari, Junho 1982, 32 p.
- Nº IX - "Análise do Consumo Energético no Setor Industrial da Região Central do País", Flávio Freitas Faria e Luiz Carlos Guimarães Costa, Junho 1982, 30 p.
- Nº X - "Vinhoto: Poluição Hídrica, Perspectivas de Aproveitamento e Interação com o Modelo Matemático de Biomassa", Sérgio Margulis, Julho 1982, 108 p.
- Nº XI - "Um Modelo de Análise da Produção de Energia pela Agricultura", Fernando Curi Peres, José R. Mendonça de Barros, Léo da Rocha Ferreira e Luiz Moricochi, Agosto 1982, 24 p.

- Nº XII- "Xistos Oleígenos: Natureza, Formas de Aproveitamento e Principais Produtos", Lauro R.A. Ramos e Ricardo Paes de Barros, Fevereiro 1983, 55 p.
- NºXIII- "Consumo-de Energia para Cocção: Análise das Informações Disponíveis", Ricardo Paes de Barros e Luis Carlos P. J. Boluda, Março 1983, 113 p.
- Nº XIV- "Consumo de Energia no Meio Rural", Milton da Mata, Março 1983, 41 p.
- Nº XV - "Usina Industrial de Xisto", Lauro R.A. Ramos e Ricardo Paes de Barros, Abril 1983, 87 p.
- Nº XVI- "Cenários de Demanda de Derivados de Petróleo", Lauro R.A. Ramos, Dezembro 1983, 88 p.
- NºXVII- "Sobre a Dieselização da Frota Brasileira de Caminhões" , Armando M. Castelar Pinheiro, Dezembro 1983, 87 p.
- NºXVIII "Impactos Ambientais Decorrentes da Produção do Carvão Mineral: Uma Abordagem Quantificada", Sérgio Margulis, Dezembro 1983, 114 p.
- Nº XIX- "Uma Análise dos Processos de Conservação de Energia e Substituição do Óleo Combustível na Indústria do Cimento", Armando M. Castelar Pinheiro, Março 1984, 102 p.
- Nº XX - "Energia na Indústria de Vidro", José Cesário Cecchi, Março 1984, 92 p.
- Nº XXI- "Análise da Demanda por Insumos das Empresas Profissionais de Transporte Rodoviário de Cargas", Antonio Edmundo de Rezende, Setembro 1984, 119 p.
- NºXXII- "Tecnologia, Custos, Capacidade de Carga e Consumo Energético de Veículos no Transporte Rodoviário de Bens", Newton de Castro, Novembro 1984, 40 p.
- NºXXIII "Impactos Ambientais Decorrentes do Consumo de Carvão Mineral, Sérgio Margulis, Novembro 1984, 63 p.

- NºXXIV- "Energia na Indústria Cerâmica", Luciane Pierri de Mendonça, Janeiro 1985, 109 p.
- Nº XXV- "Energia na Indústria de Papel e Celulose", Maria de Fátima Salles Abreu Passos, Janeiro 1985, 111 p.
- NºXXVI- "Modelo do Setor Petróleo (MOSPET): Oferta e Demanda de Derivados e Balanço de Divisas", Lauro R.A. Ramos, Fevereiro 1985, 65 p.
- NºXXVII "Notas sobre Energia na Indústria de Barrilha", José Cesário Cecchi, Fevereiro 1985, p.
- NºXXVIII "Análise do Consumo Energético no Setor Industrial da Região Central do País", Flávio Freitas Faria e Luiz Carlos Guimarães Costa, Fevereiro 1985, p. (revisado)
- NºXXIX- "O Planejamento da Oferta de Carvão Mineral no Brasil: o Modelo MOCAM e suas Aplicações", Octávio A.F. Tourinho, Sérgio Margulis, Vagner Laerte Ardeo, Março 1985, 255 p.
- Nº XXX- "Agricultura e Produção de Energia: Um Modelo de Programação Linear para Avaliação Econômica do PROÁLCOOL", Octávio A.F. Tourinho. Léo da Rocha Ferreira, Ruderico Ferraz Pimentel, Março 1985, 174 p.
- Nº XXXI "Um Modelo de Demanda de Energia do Setor de Transporte Rodoviário de Carga", Luis Carlos P.J. Boluda, Março 1985, 136 p.
- Nº XXXII "Uma Avaliação do Programa CONSERVE/Indústria", Alfredo Behrens, Abril 1985, 33 p.
- NºXXXIII "A Expansão de Longo Prazo do Sistema Elétrico Brasileiro: Uma Análise com o Modelo PSE", Octávio A.F. Tourinho, Agosto 1985, 58 p.
- NºXXXIV "Produção, Distribuição, Consumo e Demanda Derivada por Transporte e Energia", Newton de Castro, Novembro 1985, 45 p.

Nº XXXV- "O Modelo MOCAM II e suas Aplicações à Análise da Política de Oferta do Carvão Mineral", Octávio A. F. Tourinho e Vagner Laerte Ardeo, Abril 1986,

O INPES edita ainda as seguintes publicações: Pesquisa e Planejamento Econômico (quadrimestral), desde 1971; Literatura Econômica (bimestral), desde 1977; Coleção Relatório de Pesquisa, Série de Textos para Discussão Interna (TDI); Série Monográfica, Série PNPE e Série de Estudos de Política Industrial e Comércio Exterior (EPICO).