

Produção, distribuição e consumo: determinantes da demanda derivada por transporte e energia *

NEWTON DE CASTRO **

Um modelo para a determinação da demanda derivada por óleo diesel, no setor de transporte de carga, é especificado e estimado para uma dada estrutura de preços. Na especificação, incorporaram-se variáveis relativas à produção agrícola e industrial, à população e aos salários. O modelo é estimado com dados tipo cross-section para o ano de 1980, obtidos para 437 zonas de tráfego do país. Os resultados revelaram que a demanda por diesel é sensível principalmente a salários (médio e total), apresentando uma elasticidade quase unitária ($\epsilon = 0,9$) com relação ao salário total (população constante e salário per capita variando). Segue-se em importância a produção agropecuária com uma elasticidade igual a 0,3. O valor específico dos produtos agrícolas também afeta significativamente a demanda por diesel ($\epsilon = 0,6$), enquanto a produção industrial tem menos impacto ($\epsilon = 0,1$).

1 — Introdução

Os gastos diretos com serviços de movimentação interna de mercadorias, seja com a finalidade de estas servirem de insumos à produção, exportação e transformação, seja para consumo final, correspondem a cerca de 8% do Produto Interno Bruto do país.¹ Na produção desses serviços, o óleo diesel destaca-se como insumo, por sua ampla utilização nos principais modos de transporte e por sua participação relativa nos custos de produção

* Uma versão preliminar deste artigo foi apresentada no VII Encontro da Sociedade Brasileira de Econometria (Vitória, dez. 85). Agradeço a Paulo Roberto S. R. Lima pela colaboração na preparação da base de dados. Comentários de Alfredo Behrens, Christine Assis, Eustáquio Reis, Joffre Swait, José Rossi, Milton da Mata, Octávio Tourinho e dois leitores anônimos desta revista contribuíram para o aperfeiçoamento de uma versão anterior deste trabalho.

** Do Instituto de Pesquisas do IPEA.

¹ Estimativa feita para 1982 com base nas receitas operacionais das empresas de transporte comercial rodoviário (Cr\$ 1 trilhão para 11.000 informantes) [IBGE (1984)], supondo que estas respondam por 30% do produto do transporte rodoviário de carga. Ao valor encontrado foram acrescentadas as receitas oriundas do transporte de carga nos modos aéreo, hidroviário [GEIPOT (1983)] e ferroviário [RFFSA (1983)]. Nos Estados Unidos, os dispêndios com o transporte de carga foram estimados em 9% para o ano de 1974 [Transportation Association of America (1976)].

dos serviços. Tomando-se como referência o preço internacional do diesel, o país despendeu com este insumo, em 1984, o equivalente a cerca de US\$ 4 bilhões, tendo sido o transporte de carga responsável por aproximadamente 60% desse consumo.

Um dado fundamental para o planejamento do crescimento econômico do país, nos próximos anos, é o potencial de geração e manutenção de um excedente na balança comercial. Esse potencial dependerá, de maneira significativa, da elasticidade das importações em relação ao Produto. Dentre os produtos que apresentam uma alta elasticidade em relação ao PIB está o diesel, cujo consumo cresceu, de 1954 e 1983, a uma taxa geométrica anual de 8,74%, enquanto o Produto crescia 6,24%. Cabe ressaltar que, no mesmo período, o preço do diesel triplicava em valor real (ver Tabela 1) e que, a manter-se essa taxa média de crescimento, o país teria, em 1990, um gasto com diesel equivalente a US\$ 7 bilhões. A preocupação com o crescimento do consumo de óleo diesel é, ainda, acentuada pela incerteza sobre os preços futuros do petróleo e derivados e pelas limitadas possibilidades de substituição, viáveis economicamente, do óleo diesel por outros insumos energéticos. Considere-se também que os derivados classificados na faixa dos médios (óleo diesel, querosene de aviação) são aqueles que apresentam, atualmente, as maiores taxas de crescimento de consumo no mundo.

TABELA 1

Taxas médias geométricas anuais de crescimento do consumo e do Produto Interno Bruto e índice de preço real do óleo diesel

Períodos	Índice de preço real do óleo diesel*	Crescimento médio anual		% Consumo/ % PIB
		Consumo de óleo diesel (%)	PIB (%)	
1954/58	100	12,8	6,5	2,0
1958/63	122	10,2	6,4	1,6
1963/68	142	7,5	5,0	1,5
1968/73	172	11,9	11,1	1,1
1973/78	238	10,7	7,1	1,5
1978/83	327	2,7	1,9	1,4
1984	332	1,62	4,5	0,36
1985	292	5,5	8,0	0,69
1986**	223	10,3	—	—

OBS.: Elaborada a partir de dados atualizados de Ramos (1984).

*Índice para os anos finais dos períodos.

**Com base apenas no 1.º semestre.

Além das motivações macroeconômicas, expostas acima, têm-se também outras motivações de origem microeconômica para a questão da demanda por óleo diesel. Nas últimas décadas, mudanças estruturais afetaram significativamente a demanda por transporte e energia, destacando-se, entre outras:

- a) o crescimento do mercado interno e a expansão das fronteiras geográficas de localização das atividades econômicas;
- b) a implantação da malha rodoviária do país e a crescente preferência por este modo de transporte de carga — 50% das toneladas-quilômetro produzidas em 1950 *versus* 60 a 70% atualmente;
- c) a dieselização da frota nacional de caminhões, principalmente dos médios e leves, em função da mudança dos preços relativos de energia (ambos, gasolina e diesel) *vis-à-vis* o preço do capital (veículo);²
- d) o crescimento do preço real do óleo diesel, que triplicou nos últimos 30 anos; e
- e) a evolução tecnológica dos veículos e dos métodos de transporte, principalmente no que concerne ao rendimento energético dos motores.

Tendo em vista essas motivações, caberia, então, perguntar: quais os principais fatores que determinam as toneladas-quilômetro movimentadas atualmente no Brasil? O que pesa mais na demanda derivada por energia no transporte de carga: a movimentação das safras agrícolas e da produção industrial, ou os transportes dos produtos para consumo ou exportação?

Este artigo visa explicar a demanda derivada por óleo diesel no transporte de mercadorias, o que é feito através de um modelo econométrico no qual o consumo regional de óleo diesel é determinado em função de variáveis relativas à população, aos salários e à produção industrial e agrícola. Os parâmetros do modelo expressam as influências relativas de cada uma dessas variáveis na demanda por transporte de carga e óleo diesel.

Os resultados revelam que o fator mais importante na determinação da demanda por óleo diesel no transporte de carga é o transporte de produtos para o consumo final, seguindo-se a produção agrícola e a produção industrial. A Tabela 2 apresenta o impacto no consumo de óleo diesel para um aumento de 10% em algumas variáveis sócio-econômicas.

Esses resultados têm importantes implicações para trabalhos de projeção de demanda por energia no setor de transporte de carga, como também para a análise de políticas governamentais para os setores de transporte e energia. Assim, por exemplo, podemos apresentar explicações bastante

² Ver Pinheiro (1983) para evidências de que o processo de dieselização da frota nacional de caminhões foi determinado basicamente pela mudança de preços relativos entre capital (veículo) e energia (diesel e gasolina), e não por uma variação no preço da gasolina *vis-à-vis* o do diesel.

TABELA 2

Varição prevista no consumo de óleo diesel para um aumento de 10% em variáveis selecionadas

(Em %)

Variáveis	Varição
Salários (população constante)	9
Salários e população (salários <i>per capita</i> constantes)	5
Produção agropecuária (valor específico por tonelada constante)	3
Valor específico por tonelada da produção agropecuária (produção total constante)	6
Produção industrial	1

plausíveis para o comportamento, em 1984, do consumo de óleo diesel, que, crescendo menos do que o PIB, contrariou uma tendência observada durante mais de 30 anos. De acordo com nossos resultados, apresentados detalhadamente na Seção 4, esse fenômeno pode ter ocorrido em função de um crescimento da renda, principalmente no seu componente salário, inferior ao crescimento do PIB. Sendo o consumo de óleo diesel significativamente mais elástico à renda (consumo) do que ao produto, tem-se a explicação para o fenômeno.

Outra implicação importante é com relação à política de preço do óleo diesel. Os resultados indicam que um aumento no salário médio da população tem um impacto ponderável na demanda por óleo diesel ($\epsilon \cong 0,4$). Uma possível extensão desse resultado é que as faixas da população de mais alta renda apresentam um padrão de consumo de mercadorias caracterizadas por um uso mais intensivo de óleo diesel. Conseqüentemente, uma política de subsídio ao diesel que contemplasse sua utilização no transporte de carga poderia ter impactos distributivos perversos.

Do ponto de vista metodológico, a estrutura do modelo apresenta diferenças significativas em relação a outros trabalhos. É comum, em estudos voltados para previsão, a estimação de modelos através da utilização de séries temporais, geralmente agregadas. Devido às mudanças estruturais ocorridas ao longo desses últimos anos, descritas acima, seria ingênuo esperar que os resultados de estimações a partir de séries temporais agregadas pudessem revelar muito sobre os determinantes da demanda por óleo diesel. Por exemplo, no período 1953/83 as séries históricas de consumo e preço real de óleo diesel apresentam uma correlação simples *positiva* de 0,96. Estas séries, por sua vez, também apresentam correlações dessa mesma

grandeza e sinal com a série deflacionada do Produto Interno Bruto. Ademais, mesmo que os resultados das estimações fossem robustos, pouco se revelaria, em modelos agregados, sobre a contribuição relativa de cada tipo de atividade econômica (produção industrial, agropecuária, consumo, investimento) na composição das elasticidades médias estimadas.³

Para uma abordagem rigorosa, é preciso reconhecer que, dada uma estrutura de preços relativos, a demanda por transporte de carga e a demanda derivada por óleo diesel são determinadas pelas atividades de produção, transformação e consumo de bens, em localidades diversas. Modelos desenvolvidos para a análise de políticas ou previsão de variáveis (como o consumo de óleo diesel) solicitam, portanto, a expressão das relações causais entre produção, consumo, transporte e energia.

As dificuldades para o desenvolvimento desses modelos são, contudo, significativas. O desenvolvimento e a calibragem de modelos que permitam incorporar todas as dimensões de geração e distribuição dos fluxos de transportes requerem levantamentos e manipulações de bases de dados extensas e, portanto, são exigentes tanto em termos de tempo para elaboração como de custos. Ademais, uma vez desenvolvidos, esses modelos, com o tempo, tendem a ser abandonados, dadas as dificuldades em mantê-los atualizados e em condições de fornecer previsões e análises contemporâneas às decisões de políticas.

Parece, portanto, ser de interesse para os órgãos de planejamento do país o desenvolvimento de modelos de porte intermediário, com características tais que:

a) utilizem bases de dados já existentes e sejam atualizadas com relativa frequência, evitando assim custos com levantamentos e processamento de grandes volumes de dados (*e. g.*, bases de dados disponíveis no IBGE, CNP, MF/SERPRO, DNER); e

b) tenham dimensões e complexidade razoáveis, de forma a permitir uso intensivo em análises, e sejam facilmente transferíveis e assimiláveis por outros órgãos e empresas.

³ No setor de transportes, outra abordagem, também bastante utilizada na previsão do consumo de energia, são os modelos baseados em séries históricas da frota de veículos existentes, que é construída, dinamicamente, pela entrada de novos veículos no mercado e pelo sucateamento dos veículos existentes. Embora não mencionado explicitamente, um problema adicional refere-se ao fato de que veículos e combustível são insumos de um mesmo processo produtivo. A utilização de uma dessas variáveis para explicar o comportamento da outra viola as hipóteses de exogeneidade das variáveis explicativas, exigindo, portanto, tratamento específico, pois caso contrário os resultados estariam comprometidos [ver, por exemplo, Greene (1984), Berndt e Botero (1985), Barros e Ferreira (1982) e Boluda (1985)]. O mesmo pode ser dito com relação às elasticidades-preço estimadas através desses modelos, em função das várias dimensões de possibilidades de substituição em transportes. Para uma discussão sobre essas possibilidades, ver Castro (1985).

No caso da determinação do consumo de óleo diesel, o modelo desenvolvido se prestaria a projeções de consumo do derivado em função de projeções de evolução de variáveis econômicas e sociais, tais como população, salários e produção agropecuária e industrial, desagregadas segundo regiões geográficas de consumo. Além disso, poderia ser útil na avaliação de impactos alocativos e distributivos de modificações na política de preços dos derivados, investimentos em rodovias (pavimentação, conservação, etc.) e em modos de transporte alternativos.⁴

Na seção seguinte discute-se o modelo proposto para explicar a demanda por óleo diesel no transporte de carga. Segue-se a apresentação da base de dados utilizada e da especificação das variáveis usadas no modelo. Os resultados das estimações são, então, apresentados e as principais conclusões propostas.

2 — O modelo de demanda por óleo diesel

O objetivo do modelo é determinar o consumo de óleo diesel numa dada região do país, que pode ser imaginada como sendo um município, uma microrregião homogênea, uma zona de tráfego (de acordo com a classificação do DNER), etc. Especificamente, o modelo aqui apresentado concentra-se na parte deste consumo atribuída ao transporte de carga.

Tomando as vendas de óleo diesel como uma aproximação para o consumo, isola-se o componente dessas vendas atribuído especificamente ao transporte de carga. Essas vendas, numa dada região, devem ter como causa o abastecimento de veículos de carga em uma ou mais das seguintes situações:

- a) movimento de carga com origem e destino dentro da própria região em questão;
- b) movimento de carga com origem na região e destinada a uma outra região;
- c) movimento de carga (incluindo o retorno do veículo vazio) com origem em outra região e destinada à região em questão; e

⁴ Outras possíveis aplicações desse modelo seriam: a) acompanhamento do volume de tráfego nas principais rodovias, através de dados sobre o consumo de óleo diesel nos municípios cortados por rodovias, descontando-se o consumo em outras atividades, através dos parâmetros estimados pelo modelo; b) planejamento de investimento de bases de tancagem de derivados a partir de projeções de crescimento das atividades econômicas regionais; c) planejamento dos estoques de segurança de derivados; e d) acompanhamento dos níveis de atividade econômica segundo regiões e tipos de atividades, principalmente agrícolas, através das informações sobre as vendas de óleo diesel.

d) movimento de carga (ou veículos vazios) com origem e destino em regiões diversas daquela em questão, isto é, veículos carregados ou vazios, em trânsito pela região, que porventura lá se abasteçam.

O movimento intra-regional de carga é explicado pela parte da produção regional consumida na própria região, caracterizando a opção *a*. A opção *b* é explicada pela produção regional excedente que é exportada para outras regiões. Já a opção *c* inclui tanto os insumos importados de outras regiões para serem utilizados na produção de outras mercadorias, como também os produtos importados para consumo final. Sintetizando, ter-se-ia:

$$VOD_{a,b,c}^j = F (\text{Produção}^j, \text{Consumo}^j)$$

onde:

$VOD_{a,b,c}^j$ = vendas de óleo diesel para transporte rodoviário de bens, na região *j*, determinadas pelas opções de uso *a*, *b* e *c*.

Por outro lado, uma parte das vendas de óleo diesel na região *j* não se explica por sua própria atividade econômica. Por exemplo, dois municípios com os mesmos níveis e tipos de atividades econômicas teriam, certamente, diferentes níveis de vendas observados, se num desses passasse uma rodovia federal com grande movimento (e. g., BR-116). Esse consumo estaria, em princípio, relacionado com a extensão da malha rodoviária da região e com seu tráfego médio de veículos de carga. Para rodovias federais e estaduais pavimentadas, em municípios de menor expressão, este seria, em maior proporção, um tráfego de trânsito.

As vendas para veículos em trânsito, vazios ou carregados de cargas, tende, no entanto, a ser uma parcela menor do consumo de uma região. Isso porque, pela própria natureza do serviço de transporte, do ciclo operacional do veículo e da jornada de trabalho e descanso do motorista, o abastecimento de veículos tende a se dar nas extremidades da viagem, ou seja, na sua origem e no seu destino. Só em viagens de maior percurso é que se tem, tipicamente, o abastecimento de veículos fora das bases extremas do percurso.

Sintetizando, propõe-se a seguinte estrutura geral para o modelo:

$$VOD_{a,b,c,d}^j = F (\text{Produção}^j, \text{Consumo}^j, KM^j \times TMDC^j)$$

onde:

$VOD_{a,b,c,d}^j$ = vendas de óleo diesel para transporte rodoviário de bens, na região *j*, determinadas pelas opções de uso *a*, *b*, *c* e *d*;

KM^j = extensão da malha rodoviária inter-regional em *j*; e

$TMDC^j$ = tráfego médio diário de veículos de carga pelas rodovias inter-regionais em *j*.

Na seção seguinte, apresenta-se a base de dados utilizada para a estimação do modelo, assim como sua especificação,

3 — A base de dados disponível e a especificação do modelo

3.1 — Base de dados

Propõe-se desenvolver um modelo que estime econometricamente as vendas de óleo diesel numa dada região. Para se dispor de uma base de dados sócio-econômicos abrangente, optou-se pelo desenvolvimento de um modelo baseado em dados dos levantamentos censitários do IBGE para o ano de 1980. O nível de maior desagregação disponível para essa base de dados é o de município. Assim, os modelos desenvolvidos visarão explicar o consumo de óleo diesel a partir de dados agregados a nível de município.

A base de dados censitários do IBGE é ainda complementada pelos seguintes conjuntos de dados:

a) vendas de óleo diesel, agregadas por município, mês, ano e tipo de consumidor, e dados do sistema de controle de grandes consumidores cotistas (Conselho Nacional do Petróleo — CNP); e

b) cadastro da malha viária, identificando as rodovias que cruzam as zonas de tráfego, suas extensões, tipo, classe, jurisdição e volume de tráfego.

O desenvolvimento da base de dados teve como principal tarefa a compatibilização dos arquivos de dados de diferentes fontes e níveis de agregação. Assim, os dados disponíveis a nível de estabelecimento tiveram que ser agregados a nível de município, e o código destes unificado através dos diversos arquivos. Finalmente, todas as observações, a nível de município, tiveram que ser agregadas a nível de zona de tráfego, uma vez que esse era o nível de agregação que possibilitava compatibilizar os dados de venda de óleo diesel e os dados sócio-econômicos do IBGE com os dados do cadastro da malha viária.⁵

A base de dados final constituiu-se de observações disponíveis em 4.037 municípios, agregadas em 455 zonas de tráfego.

⁵ As zonas de tráfego (ZT) foram criadas na fase de planejamento da malha viária do país, com o objetivo de facilitar a distribuição do tráfego entre as zonas e sua alocação a cada uma das rodovias, com base nas pesquisas de origem/destino. A delimitação das ZT foi feita tendo como meta a criação de áreas homogêneas do ponto de vista da produção e dos projetos de desenvolvimento, coincidindo seus limites com as linhas de delimitação municipal.

3.2 — Especificação e mensuração das variáveis do modelo

a) Consumo de óleo diesel

Como uma aproximação para o consumo de óleo diesel, tomaram-se os dados de vendas, descritos acima, fornecidos pelo CNP. O consumo no transporte de carga foi estimado a partir da seguinte relação:

Consumo no Transporte de Carga (QCG) = Σ das vendas para

- a) postos de revenda;
- b) empresas agrícola-pastoris;
- c) empresas comerciais;
- d) empresas industriais;
- e) entidades públicas e privadas;
- f) empresas de energia elétrica; e
- g) empresas de transporte terrestre;
- Σ do consumo de cotistas
- h) no transporte de passageiros;
- i) em atividades agrícolas;
- j) em mineração;
- l) em terraplenagem;
- m) em geração de energia elétrica; e
- n) em geração de calor, queima direta e outros fins semelhantes.⁶

Problemas de mensuração de QCG podem ser antecipados. Inicialmente, têm-se vendas como aproximação do consumo. Todavia, dado que a estimação considerará os totais anuais, não se esperam maiores problemas oriundos dessa aproximação. Outra potencial fonte de erro de mensuração é a venda para postos de revenda, que, não sendo consumidores finais, vendem o diesel para diversas finalidades de uso. Nossa expectativa, no entanto, é que a predominância dessas vendas seja para veículos de carga. Essa expectativa se baseia no fato de as outras atividades que utilizam o diesel poderem ter tancagem própria, tornando-se cotistas (abastecidos diretamente pelas distribuidoras) e beneficiando-se de descontos no preço. Só no transporte rodoviário, quando o ciclo do veículo longe das bases

⁶ Note-se que as vendas, nos itens a até g, seguem a classificação do CNP (ver, por exemplo, *Anuário do CNP-1980*), que classifica a venda pela atividade geral do comprador. Assim, excluíram-se as vendas para as empresas de transporte marítimo e aéreo e para as forças armadas. Esta classificação diferencia-se daquela que tem por base o uso no consumo de cotistas — itens h até n. Dessa forma, uma empresa agrícola-pastoril que tem suas compras de diesel registradas no item b, nos dados do CNP, teria parte deste volume de diesel empregada em atividades especificamente agrícolas (tratores, colheitadeiras, motores para atividades diversas na fazenda, etc.). Essa parte é subtraída no item i.

operacionais (terminais, garagens) é muito longo, é que se torna necessário o abastecimento em postos de revenda. Somente às pequenas empresas, geralmente de transporte ou agrícolas, é que não compensaria ter tancagem própria, de modo a usufruir do desconto da margem de revenda a que cotistas têm direito. Finalmente, tem-se o diesel consumido nos transportes marítimos e ferroviários de bens. No primeiro caso, excluíram-se as vendas pelo fato de o consumo de diesel neste setor destinar-se também à geração de força a bordo de navios para diversos fins que não propriamente a sua propulsão. O diesel também é amplamente utilizado em embarcações para o transporte de passageiros e na propulsão de rebocadores e embarcações de serviço e recreio. Com relação ao transporte ferroviário, incluíram-se as vendas de diesel porque nesse caso sua utilização é basicamente em transporte de carga. Caso essas vendas fossem excluídas, também o deveriam ser a parte das mercadorias movimentadas pela via ferroviária, o que não seria possível para o nível de desagregação das informações disponíveis. Ademais, a participação dos modais marítimo e ferroviário no transporte interno, se excluídos alguns tipos de minério, petróleo e derivados, é pouco significativa ante a participação do modal rodoviário. Em 1984, esses modais responderam por menos de 6% do consumo de óleo diesel.

b) Produção industrial

Conforme discutido na seção anterior, a produção de mercadorias numa dada região gera demanda por transporte e óleo diesel, em função da demanda por movimentação de insumos e produtos acabados. Evidentemente, cada tipo de produto, em cada região, gera uma demanda por diferentes atributos de transporte: a distância a percorrer; o tipo de veículo; a rapidez e a confiabilidade do serviço; etc. Cada tipo de serviço prestado gerará uma demanda derivada por energia igualmente diferente.

Propõe-se o valor total da produção como medida de aproximação para a demanda por diesel derivada da produção industrial de uma região. Embora agregado, o valor da produção industrial apresenta propriedades razoáveis. Primeiro, quanto maior o valor da produção, *ceteris paribus*, maior a demanda por insumos, maior o excedente exportável e maior a demanda derivada por transporte e diesel. Se, por um lado, o mesmo valor da produção pode ser composto de diferentes produtos, com características diversas de volume, peso, valor, etc., em geral tem-se a demanda por nível de serviço variando diretamente com o valor específico (por peso ou volume) das mercadorias. Da mesma maneira, há a mesma correspondência entre o nível de serviço do transporte (rapidez, confiabilidade, etc.) e a demanda derivada por óleo diesel por unidade de serviço produzida (usualmente medida em litros por toneladas-quilômetro). Isto porque serviços de melhor qualidade demandam veículos mais potentes, despachos de veículos mais frequentes (e, *ceteris paribus*, veículos menores) e outros fatores que agem no sentido de um maior consumo energético por unidade de serviço produzida.

Um outro fator importante na determinação da demanda derivada por diesel é a escala de produção dos estabelecimentos. Quanto maior a escala de produção, maiores são as possibilidades de consolidação de lotes e racionalização da movimentação de carga e, conseqüentemente, menor é a demanda energética por unidade transportada. Dessa forma, propõe-se introduzir no modelo o valor médio da produção por estabelecimento industrial da região, de modo a captar tais efeitos de escala.

c) Produção agropecuária

Podemos lançar mão do mesmo raciocínio utilizado no item *b* anterior para introduzir no modelo o valor da produção agropecuária de uma região, de maneira a captar a demanda de diesel derivada do transporte de tais produtos. Para o levantamento do Censo Agropecuário de 1980 dispõem-se ainda dos valores das toneladas produzidas dos principais produtos agrícolas. Outros produtos, medidos em diferentes unidades, podem também ser facilmente quantificados em toneladas. Assim, é possível estimar o total de toneladas da produção agrícola, por município.

A inclusão simultânea do valor da produção e da tonelagem produzida no setor deverá ressaltar as diferenças de nível de serviço de transporte exigidas pelos diversos tipos de produtos. Tomem-se, por exemplo, duas regiões com o mesmo total de valor produzido, sendo que a primeira região produziu este valor só em soja e a segunda só em café. Aos preços atuais — outubro de 1985 —, o volume, em toneladas, produzido de soja pela primeira região será cerca de 10 vezes maior do que o volume produzido de café. Devido ao maior volume, a região da soja terá condições de consolidar lotes maiores para transporte e, assim, escolher veículos maiores (ou modos de transporte) menos intensivos no uso de energia. O nível de serviço demandado também deverá ser menor no caso da soja, que tem menor valor específico. Dessa forma, pode-se esperar que a demanda derivada por óleo diesel cresça com o volume em toneladas da produção agrícola e seu valor específico por tonelada, em cada região.⁷

d) Consumo

Parte da demanda derivada por transporte e óleo diesel numa dada região é função do consumo de mercadorias importadas de outras regiões, em complementação às mercadorias produzidas e consumidas localmente. É de se esperar que o consumo de mercadorias produzidas na região gere uma menor demanda derivada por transporte e óleo diesel. Basicamente, o consumo dos bens produzidos na região, as importações e as exportações

⁷ Quanto ao fator de escala dos estabelecimentos individuais no setor agropecuário, não se espera que o mesmo seja significativo, porque nesse setor, ao contrário do industrial, são comuns organizações que consolidam a produção (*e. g.*, cooperativas agrícolas), principalmente em áreas onde prevalecem pequenos e médios estabelecimentos. Assim, o efeito de escala dos estabelecimentos propriamente se torna menos importante.

de mercadorias irão depender do grau de diversidade da produção local e da renda da população. Se a produção for mais diversificada, podemos esperar um menor nível de importações para atender à mesma demanda para consumo, assim como uma maior renda regional deverá gerar um maior consumo.

A produção industrial de um município ou uma zona de tráfego atende, via de regra, a apenas uma pequena fração da demanda por produtos industrializados. O padrão de consumo, portanto, deve apresentar uma predominância de bens importados sobre aqueles produzidos localmente.⁸ Regiões com maiores rendas devem apresentar também consumo mais diversificado e, conseqüentemente, maior necessidade de importar produtos. Maiores níveis de renda estão associados ao consumo de mercadorias com maior valor específico, que por sua vez apresentam uma demanda por serviços de transporte com atributos que requerem uma maior intensidade no uso de energia.

A nível regional, dispõem-se de variáveis como salários pagos e população para representar o nível de consumo. Os salários são um componente geralmente significativo da renda regional, captando assim o impacto desta na demanda derivada por transporte e óleo diesel. População associada a salários, numa regressão, permitiria quantificar o impacto de variações na renda regional média. Uma maior renda *per capita*, para um mesmo nível de renda total, deve causar maior demanda por produtos de outras regiões e de maior valor específico, gerando maior demanda por transporte e óleo diesel. Parte da maior tendência à importação inter-regional pode ser explicada por um maior consumo de manufaturados e/ou porque a produção agropecuária em regiões de maior renda tende a ser correlacionada com um menor grau de diversificação na produção.⁹

3.3 — Forma funcional e identificação do modelo

A ênfase do modelo proposto está mais voltada para fins de previsão do que para análises estruturais mais refinadas. É sabido, por exemplo, que estudos analíticos de estruturas produtivas requerem grande atenção para a estrutura e parametrização dos modelos de produção. Nestes, mais recentemente, predomina o uso de formas funcionais flexíveis (*e. g.*, translog, quadrática) que impõem poucas restrições à natureza da estrutura produ-

⁸ No caso de produtos agropecuários, uma conclusão dessa natureza talvez não seja procedente.

⁹ Os salários devem também estar correlacionados com a parte do consumo de óleo diesel que é gerada por investimentos. O consumo de óleo diesel em obras civis, por exemplo, é bastante significativo, estimando-se que em 1979/80 ele tenha atingido anualmente, em terraplenagem, 1,33 milhão de metros cúbicos, ou seja, cerca de 7,1% do consumo total. Certamente, essa participação é em parte explicada pelas grandes obras civis em curso naquela época.

tiva a analisar. Por outro lado, estudos voltados para previsão colocam, via de regra, mais ênfase na robustez do modelo e em sua plausibilidade para utilização em extrapolações. Um problema que ocorre quando se consideram formas funcionais que procuram aproximar as verdadeiras funções é a precisão da aproximação. Uma forma flexível calibrada de modo a ser uma aproximação de segunda ordem num ponto tem esta característica somente na vizinhança desse ponto. Em outras regiões de interesse, a forma utilizada pode tornar-se uma aproximação medíocre da verdadeira função. Em geral, uma forma flexível ajustada a observações com muita dispersão, conforme parece ser o nosso caso, não é uma aproximação de segunda ordem em ponto algum escolhido [Fuss e McFadden (1980, pp. 219-68)]. Assim, optou-se por testar formas funcionais mais simples na especificação algébrica do modelo.

O modelo, em sua forma proposta, não incorpora, explicitamente, interações entre a oferta e a demanda por óleo diesel. Dadas a pequena variação real e a uniformidade espacial do preço do diesel em 1980 (o ano de estimação), espera-se que a hipótese de um preço constante e uma curva de oferta de óleo diesel horizontal, a esse nível de preço, não seja por demais heróica. O modelo não fornece informação sobre a curva de demanda por óleo diesel ao longo de sua dimensão de *preço*. Outrossim, concentra-se nas dimensões de produção e consumo que determinam essa demanda.¹⁰

A outra pergunta relevante é se os parâmetros do modelo estimado podem ser deduzidos, de maneira não ambígua, do modelo estrutural original. Naturalmente, a complexidade e a necessidade de dados para se estimar o modelo estrutural original colocam essa tarefa fora de cogitações práticas.¹¹

4 — Resultados das estimações

As estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nas estimações, assim como suas correlações simples, são apresentadas no Apêndice I. Foram obtidas 437 observações das 455 existentes, após excluir aquelas para as quais

¹⁰ Quanto à determinação da elasticidade-preço da demanda, julgamos mais conveniente sua estimação através de modelos especificamente desenvolvidos para cada setor de consumo (*e. g.*, transporte de passageiros, carga, agricultura).

¹¹ Entretanto, pode ser afirmado que, caso fosse praticamente possível, gostaríamos de estimar um modelo que pudesse, em sua especificação, distinguir em suas equações o consumo determinado por uma região geográfica, propriamente, daquele causado pelo simples trânsito de veículos pelas regiões. O grau de desagregação dos dados disponíveis, todavia, não nos permite tentar tal especificação. Acreditamos, contudo, que essa especificação seria possível caso dispuséssemos de dados sobre a malha viária federal e estadual a nível de município.

não se dispunha de informações sobre o consumo de diesel. Cabe destacar a dispersão encontrada em todas as variáveis, o que representa um desafio à capacidade do modelo no sentido de explicar o consumo de óleo diesel. Na amostra utilizada encontram-se observações desde a zona de tráfego da região de São Paulo, com um consumo no transporte de carga estimado em quase um milhão de metros cúbicos e população de quase 12 milhões de habitantes, até São Raimundo Nonato, no Piauí, com um consumo de 269 metros cúbicos de diesel.

O trabalho de estimação seguiu o seguinte roteiro: inicialmente, estimou-se um modelo básico, a partir da especificação discutida na seção anterior, nas formas linear e loglinear; em seguida, procedeu-se à investigação da hipótese de homocedácia dos resíduos e ao tratamento da heterocedácia encontrada; foi também diagnosticado um problema de colinearidade entre as variáveis população, salário total e valor de produção industrial, e um novo modelo foi estimado sem a variável população; por fim, as demais hipóteses estatísticas do modelo foram verificadas. Investigou-se tanto a hipótese de normalidade dos resíduos como também a existência de observações muito influentes nos resultados de estimação.

Os resultados dos modelos estimados são apresentados na Tabela 3. Todos os coeficientes estatisticamente significativos, em todos os modelos estimados, apresentam o sinal esperado. Apenas um dos coeficientes não é significativo ao nível de 5% (ESTIND) e todos os demais são significativos ao nível de 0,1%. Os altos coeficientes de determinação encontrados (\bar{R}^2 em torno de 0,74) revelam que o modelo permite explicar uma parcela significativa do consumo de óleo diesel no país, o que é um resultado deveras estimulante ante a dispersão observada no consumo inter-regional de óleo diesel. Os coeficientes estimados são robustos aos tratamentos de heterocedácia, de multicolinearidade e de observações muito influentes.

O coeficiente do salário total destaca-se em magnitude, revelando uma elasticidade quase unitária. O coeficiente de população tem sinal negativo, conforme esperado, devido a seu impacto na renda média da região, isto é, um aumento na população, *ceteris paribus*, reduz proporcionalmente a renda *per capita*. Por sua vez, uma maior renda *per capita* está associada a uma maior importação inter-regional de mercadorias, assim como ao consumo de bens com maior valor específico.

Os fluxos do tráfego em trânsito (FLUXBRES) têm um impacto relativamente pequeno, em termos absolutos, no consumo de diesel, porém o coeficiente dessa variável é altamente significativo estatisticamente e estável. Assim, esperamos que o problema da endogeneidade dessa variável, no modelo, não tenha afetado em demasia a estimação dos demais coeficientes.

Os coeficientes da tonelage da produção agropecuária (ATON) e do seu valor específico por peso (VALORTON) são igualmente estáveis e estatisticamente significativos (cabe ressaltar a magnitude do impacto de

VALORTON no consumo de diesel). Segundo o modelo, uma região que produz a mesma quantidade de um produto agrícola que outra região, tendo o produto da primeira entretanto um valor específico 10% maior, demandaria cerca de 6% a mais de diesel para a movimentação dessa mercadoria.

Note-se também que a elasticidade da demanda por diesel com relação à produção agrícola (coeficiente de ATON, mantendo-se VALORTON constante) é mais do que o dobro da elasticidade da produção industrial, VPIND (0,262 e 0,104, respectivamente, no modelo MQP-III). Assim, um aumento do PIB causado por um crescimento da produção agrícola acarretaria um crescimento do consumo de diesel significativamente maior do que se fosse causado por um crescimento da produção industrial.

No que se segue, discutem-se, em detalhe, os procedimentos seguidos, os modelos estimados e seus resultados.

4.1 — A forma funcional escolhida

Estimou-se o modelo básico nas formas linear e log-linear. Embora o modelo na forma linear tenha apresentado resultados estatísticos até certo ponto surpreendentes para dados de uma *cross-section* (e. g., $\bar{R}^2 = 0,80$), essa forma foi descartada pelo fato de que as observações encontravam-se muito concentradas perto da origem, com algumas poucas observações bastante distanciadas. Esse tipo de dispersão encontrado é candidato típico para uma transformação logarítmica, que reduz o peso relativo na estimação dessas poucas observações (ver as estatísticas básicas das variáveis utilizadas, nas formas linear e logarítmica, no Apêndice 1).

4.2 — Hipótese de homocedácia do modelo

Como esta análise empírica baseou-se em dados agregados regionalmente, e não em observações individuais a nível de agente econômico, antecipou-se que a hipótese de homocedácia do modelo de mínimos quadrados ordinários seria violada. Essa hipótese foi verificada através da aplicação do teste de Park-Glejser [Park (1966) e Glejser (1969)]. A hipótese nula de homocedácia foi rejeitada, ao nível de 0,01%, em cada uma das regressões do logaritmo do quadrado dos resíduos contra o logaritmo de POP, RENDTOT, VPIND e ESTIND, individualmente. O coeficiente obtido na regressão contra a variável POP foi escolhido para a correção do problema. Os resultados para a estimação da equação básica por mínimos quadrados ponderados são apresentados na Tabela 3 (MQP-1). Os coeficientes estimados mostraram-se robustos com relação ao tratamento da heterocedácia. Novos testes revelaram que o problema estava sanado.

TABELA 3

Determinantes do consumo de óleo diesel para o ano de 1980 —
 resultado das estimações

Variável (log)		Modelos				
		MQO (estimação por mínimos quadrados ordinários)	MQP-I (estimação por mínimos quadrados ponderados)	MQP-II (estimação por MQP, excluindo a variável POP)	MQP-III (estimação por MQP, excluindo as observações correspondentes às ZT 22,436, 118 e 172)	
Consumo	Dependente	QCG	QCG	QCG	QCG	
	Constante	4,800 (6,4)	4,549 (6,3)	2,734 (4,5)	4,615 (6,8)	
	Trânsito	FLUXBRES	0,082 (5,7)	0,072 (5,4)	0,087 (5,6)	0,068 (5,3)
		VPIND	0,084 (2,6)	0,103 (3,2)	0,161 (5,5)	0,104 (3,4)
	Produção Industrial	ESTIND	0,003 (0,04)	0,026 (0,4)	- 0,102 (- 1,6)	0,024 (0,4)
		ATON	0,247 (6,6)	0,265 (7,9)	0,270 (7,6)	0,262 (8,3)
	Agropecuária	VALORTON	0,515 (5,6)	0,586 (6,9)	0,632 (7,3)	0,559 (6,7)
		RENDTOT	0,924 (9,7)	0,826 (9,3)	0,568 (8,7)	0,847 (10,1)
		POP	0,435 (- 4,8)	- 0,371 (- 4,3)	-	- 0,387 (- 4,8)
		$\overline{R^2}$	0,74	0,74	0,73	0,77
	n	437	437	437	433	

NOTA: $\overline{R^2}$ para estimação por mínimos quadrados ponderados (MQP) calculado para modelo original, estimado por $(X'GX^{-1}X)^{-1}X'GX^{-1}Y$, onde X é a matriz formada pelas variáveis independentes, Y o valor formado pela variável dependente QCG e G a matriz de variância-covariância do erro. O modelo usado para a distribuição do erro foi $\text{var}(u) = K^2 \cdot \text{POP}^\alpha$. Assim, G teria na diagonal principal os valores correspondentes a POP_i^α e o valor zero para os termos fora da diagonal principal.

Variáveis/Unidades/Fonte:

- QCG = litros de óleo diesel (CNP);
 FLUXBRES = tráfego médio diário de veículos de carga x quilômetros de vias federais e estaduais (DNER);
 VPIND = valor da produção industrial, $10^3 \times \text{Cr}\$$ (Censo de 1980, IBGE);
 ESTIND = número de estabelecimentos industriais (Censo de 1980, IBGE);
 ATON = produção agropecuária, toneladas (Censo de 1980, IBGE);
 VALORTON = valor da produção agropecuária por tonelada, $10^3 \times \text{Cr}\$/t$ (Censo de 1980, IBGE);
 RENDTOT = total dos salários recebidos por mês, em salários mínimos (Censo de 1980, IBGE); e
 POP = número de habitantes (Censo de 1980, IBGE).

Todas as equações estimadas na forma log-linear (valores da estatística t entre parênteses).

4.3 — O problema da multicolinearidade

Esperava-se, de antemão, que ocorressem problemas de colinearidade entre as variáveis população, salário total e produção industrial. Foi feito um diagnóstico de colinearidade sugerido em Belsley, Kuh e Welsch (1980), procedimento no qual a variância de cada estimativa é decomposta na variância explicada por cada componente principal. A colinearidade é diagnosticada quando se detectam variáveis com uma grande proporção de suas variâncias explicada por um mesmo componente principal pouco expressivo em termos de variância no espaço das observações (isto é, com um *condition index* alto), tal como foi o caso detectado com POP, RENDTOT, VPIND e ESTIND. Como POP foi a variável que apresentou maior variância explicada pelo componente principal com *condition index* mais alto, o modelo básico foi reestimado sem POP (MQP-II).

No modelo estimado sem população, o coeficiente de RENDTOT aproxima-se da soma dos coeficientes de POP e RENDTOT obtidos no modelo completo (MQP-I). Neste, o coeficiente de RENDTOT expressa a elasticidade do consumo de diesel em relação aos salários recebidos, mantida constante a população da região. Essa elasticidade reflete um efeito duplo do aumento da “renda” global da região, associado a um aumento proporcional da “renda” média por habitante, sendo aproximadamente igual a 0,9. Por sua vez, a elasticidade dada pelo coeficiente de POP, em MQP-I, é em relação a um aumento da população, mantida a “renda” total constante. Dessa forma, um crescimento da população ocasiona uma queda proporcional na renda média da região, o que se traduz numa redução na demanda derivada por transporte e consumo de diesel. Esse fenômeno pode ser em parte explicado pela menor importação de mercadorias de outras regiões, com substituição destas por um maior consumo de mercadorias produzidas localmente. Ou, ainda, uma queda na renda média pode ser acompanhada por um menor consumo de produtos industrializados, o que, dada a concentração regional e nacional da produção industrial, representaria uma menor demanda por transporte e energia, quando comparada com a demanda por produtos agrícolas, cuja produção é espacialmente mais igualmente distribuída.

Quando o modelo é estimado sem a variável POP (MQP-II), o coeficiente do número de estabelecimentos industriais, ESTIND, torna-se mais significativo. Nesse caso, a elasticidade do consumo de diesel com relação ao valor da produção industrial seria dada pelo coeficiente de VPIND, mantido o número de estabelecimentos industriais constante. O coeficiente de ESTIND daria o impacto no consumo para uma variação no número de estabelecimentos industriais, mantido o valor da produção constante. Assim, regiões com diferentes níveis de concentração industrial teriam demandas derivadas por transporte e diesel também diferentes. Essa elasticidade ($-0,102$:MQP-II) reflete o impacto dos fatores logísticos na movimentação de carga e os ganhos possíveis com a consolidação de lotes maiores quando a produção é mais concentrada, conforme discutido na Seção 3 (item *b*).

4.4 — Verificação da normalidade dos resíduos e da existência de observações muito influentes

Poucos trabalhos e textos econométricos colocam a ênfase devida no que tange à verificação das hipóteses estatísticas do modelo. Uma destas é a de normalidade dos resíduos. Caso a distribuição dos resíduos não seja gaussiana, seria aconselhável usar um estimador de máxima verossimilhança para a distribuição correta dos resíduos. Como este não é conhecido, uma possível estratégia é explorar a sensibilidade dos coeficientes estimados a mudanças na distribuição dos resíduos.¹²

Testou-se a normalidade dos resíduos através da estatística conhecida como D , de Kolmogorov, e do gráfico dos resíduos "studentizados" (o resíduo dividido pelo seu desvio-padrão). O histograma e o gráfico normal dos resíduos "studentizados", para o modelo MQP-I, revelaram que a hipótese de normalidade era razoável. No teste estatístico, a hipótese nula de normalidade seria aceita para um nível crítico menor do que 2,1% — valor de $D = 0,04657$, de acordo com a formulação proposta por Stephens (1970 e 1974). O teste de normalidade revelou também quatro observações distantes mais do que três desvios-padrão da média zero, o que as destacou como possíveis candidatas a serem excluídas numa nova estimação.

Outra investigação procedida foi a de verificação de observações muito influentes nos resultados de estimação. Essencialmente, buscava-se saber se havia uma ou um grupo reduzido de observações determinando a magnitude e a significância estatística de algum coeficiente estimado, ou dos valores estimados para o consumo de diesel, na vizinhança dessa observação no espaço das observações. Para se detectar a possível influência de uma ou de pequenos grupos de observações, procedeu-se a um exame visual dos gráficos da variável dependente contra cada regressor após torná-lo ortogonal aos demais regressores do modelo. Isto pode ser obtido através do gráfico dos resíduos da regressão da variável dependente em todos os regressores menos aquele em estudo no momento, contra os resíduos da regressão deste último regressor em todos os demais regressores. Não foi detectado nenhum problema nesse exame visual.

Procedeu-se também a um exame da medida conhecida como $DFBETAS$, que é uma escala da variação no coeficiente de cada parâmetro quando se exclui uma observação. Uma medida semelhante, $DFFITS$, para a variação do valor estimado quando se exclui uma observação também foi investigada.¹³

Compararam-se os valores de $DFFITS$ e $DFBETAS$ a 0,67, que é uma medida apenas informal, baseada no ponto de 50% da distribuição gaussiana, uma vez que as distribuições de $DFFITS$ e $DFBETAS$ não são

¹² Alguns métodos "robustos", eficientes para resíduos gaussianos e "quase-gaussianos", são apresentados em Mosteller e Tukey (1977).

¹³ Para maiores detalhes sobre esses procedimentos, ver Belsley, Kuh e Welsch (1980).

gaussianas. Nenhuma observação apresentou valores superiores a 0,67 em qualquer dos casos. Todavia, as mesmas quatro observações colocadas sob suspeita no teste de normalidade apresentaram valores em torno de 0,40 para DFFITS e DFBETAS de algumas variáveis (principalmente VPIND, ESTIND e POP). Estimou-se o modelo sem essas quatro observações, cujos resultados são apresentados na Tabela 3 (MQP-III). Os coeficientes estimados mostraram-se robustos à exclusão dessas observações possivelmente influentes. O teste de normalidade para essa estimação MQP-III revelou uma melhora considerável no teste de normalidade dos resíduos, sendo a hipótese nula, neste caso, aceita para nível crítico menor do que 14%.

5 — Conclusões

Os resultados apresentados acima revelaram fatores de grande importância para a compreensão dos determinantes da demanda derivada por transporte e energia no país. Esses fatores são essenciais para a avaliação dos impactos de políticas governamentais no setor de transporte e energia, como também para a projeção da demanda futura de óleo diesel.

Inicialmente, podemos destacar os fatores de escala, ou seja, dado um incremento proporcional nas atividades econômicas representadas pelas variáveis do modelo, qual será a variação da demanda derivada por óleo diesel? O fator de escala, no caso do modelo loglinear, é dado pela soma dos coeficientes das variáveis relevantes. Assim, mantido constante o valor específico por tonelada da produção agrícola pela exclusão do coeficiente de VALORTON do somatório, e mantido constante o valor médio da produção industrial por estabelecimento pela inclusão do coeficiente de ESTIND do somatório, obtém-se um fator de escala variando entre 0,92 (MQP-III) e 0,98 (MQP-II). A pequena economia de escala observada pode ser explicada pelo fato de que os parâmetros do modelo são estimados para uma dada distribuição geográfica das atividades econômicas no país. Se essa distribuição permanecesse constante com o crescimento econômico, haveria tendência a uma desconcentração cada vez maior de certas atividades e um crescimento menos do que proporcional da demanda derivada por transporte e óleo diesel.¹⁴

O fator de escala encontrado contrasta, até certo ponto, com o crescimento mais do que proporcional do consumo de diesel em relação ao Produto Interno Bruto, apresentado na Tabela 1. Esse contraste é, na verdade, mais um alerta em relação ao uso de variáveis agregadas em

¹⁴ Conforme observado por um dos pareceristas desta revista, as elasticidades calculadas refletem estruturas modais do sistema de transporte, de preços, de localização e tecnológica fixas. Portanto, as elasticidades e o fator de escala calculados indicariam movimentos de curto prazo.

modelos de séries temporais para a quantificação de relações estruturais. Durante o período observado na Tabela 1, o país passou por significativas mudanças estruturais, já ressaltadas na Seção 1, que fazem com que a colocação de observações dos anos 50 junto com observações dos anos 80, para uma estimação, se constitua numa temeridade. Nesse período, as fronteiras das atividades econômicas se expandiram, a composição do produto se alterou, a renda variou de maneira diversa do produto e a tecnologia evoluiu. Somem-se também os impactos do aumento dos preços de derivados de petróleo em relação ao dos veículos, o que provocou a substituição de gasolina por óleo diesel.

Se nesse período esses fatores contribuíram para um crescimento do consumo de diesel mais do que proporcional ao crescimento do produto, tivemos em 1984 justamente o inverso — o produto cresceu mais do que o consumo. O modelo estimado pode, também nesse caso, dar uma explicação plausível para esse movimento relativo. Em 1984 tivemos um crescimento do produto em parte determinado pelas exportações, fato que seria representado no modelo por um crescimento na produção industrial e/ou agropecuária. Por outro lado, a renda ou os salários permaneceram estagnados e a renda *per capita* decresceu. Os resultados das estimações nos mostram, entretanto, que a demanda por diesel é mais elástica a variações na renda total e média do que a variações na produção. Assim, para explicar a evolução do consumo de diesel nesse ano basta que a renda total tenha crescido suficientemente menos do que o produto.¹⁵

Essa discussão nos leva a outro fator essencial para a compreensão da demanda derivada por transportes e óleo diesel, qual seja, a importância relativa de cada um dos determinantes do consumo. O que o modelo nos informa é que o principal componente na determinação da demanda derivada por transporte e energia é o *consumo*, em comparação com a produção das mercadorias, *propriamente*. Isto pode ser visto da seguinte maneira: enquanto as mercadorias são movimentadas como insumos para a produção há economias no transporte proporcionadas pelos lotes maiores e mais homogêneos. Já na fase de distribuição das mercadorias para consumo há um aumento na demanda derivada por transporte e energia, em função da maior dispersão geográfica dos pontos de consumo e da conseqüente redução dos tamanhos dos lotes e dos estoques. Esses fatores, por sua vez, implicam uma demanda por melhores níveis de serviço de transporte. Exemplificando: a produção de Cr\$ 100 de óleo numa central de esmagamento de soja em Porto Alegre ou Londrina gera uma demanda por transporte e óleo diesel menor do que a distribuição pelo Brasil para consumo dessa mesma produção.

¹⁵ Cabe lembrar que o modelo investiga apenas a parte do consumo de diesel atribuída ao transporte de carga. Para esclarecer totalmente os motivos para o comportamento atípico do consumo de diesel em 1984, teríamos que dispor de modelos semelhantes para os demais setores relevantes (transporte de passageiros, agricultura, etc.).

Esse resultado, além de ter importantes implicações em termos de projeção da evolução da demanda derivada por diesel, nos próximos anos, é também essencial para análise e avaliação do impacto da política de preços do diesel e substitutos, inclusive seus impactos distributivos inter-regionais. Ao que os nossos resultados indicam, uma política de subsídios ao preço do óleo diesel, no componente da demanda relativo ao transporte de cargas, parece beneficiar mais do que proporcionalmente a população nas faixas mais altas de renda, que consome produtos caracterizados por uma demanda mais intensiva por transporte e energia.

Apêndice 1 — Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas

Variáveis/Unidades por Zona de Tráfego/Fonte:

QCG	= litros de óleo diesel (CNP);
FLUXBR	= tráfego médio diário de veículos de carga \times quilômetros de vias federais pavimentadas (DNER);
FLUXBRES	= tráfego médio diário de veículos de carga \times quilômetros de vias federais e estaduais pavimentadas (DNER);
VPIND	= valor da produção industrial, $10^3 \times$ Cr\$ (Censo de 1980, IBGE);
ESTIND	= número de estabelecimentos industriais (Censo de 1980, IBGE);
ATON	= produção agropecuária, toneladas (Censo de 1980, IBGE);
VALORTON	= valor da produção agropecuária por tonelada, $10^3 \times$ Cr\$/t (Censo de 1980, IBGE);
RENDTOT	= valor dos salários recebidos por mês, em salários mínimos (Censo de 1980, IBGE);
POP	= número de habitantes (Censos de 1980, IBGE); e
RENDMED	= salário <i>per capita</i> (RENDTOT/POP).

Variáveis	N	Média	Desvio-padrão	Soma	Mínimo	Máximo
QCC	437	28.396.827	55.752.564	12.409.413.826	192.490	950.113.792
FLUXBR	437	66.957	92.056	29.260.218	0	653.744
FLUXBRES	437	133.711	143.424	58.432.130	0	1.112.370
VPIND	437	22.207.756	142.421.678	9.704.789.544	3.962	2.834.037.248
ESTIND	437	481	1.620	210.375	7	32.100
ATON	437	1.843.448	2.138.431	805.587.120	5.147	19.705.140
VALORTON	437	2,48	1,86	1.087	0,35	16,29
RENDTOT	437	276.317	1.315.755	120.750.658	5.584	24.077.530
RENDMED	437	0,75	0,35	328	0,19	2,23
POP	437	267.116	672.643	116.729.856	8.935	11.950.247

Variáveis (log)*	N	Média	Desvio-padrão	Soma	Mínimo	Máximo
QCC	437	16,45	1,25	7.192	12,16	20,67
FLUXBR	437	8,67	4,14	3.789	0	13,39
FLUXBRES	437	10,91	2,39	4.770	0	13,92
VPIND	437	14,80	2,03	6.470	8,28	21,76
ESTIND	437	5,53	1,03	2.419	2,07	10,37
ATON	437	13,80	1,13	6.073	8,54	16,79
VALORTON	437	1,16	0,39	507	0,30	2,85
RENDTOT	437	11,53	1,11	5.041	8,62	16,99
RENDMED	437	0,54	0,19	236	0,17	1,17
POP	437	11,94	0,91	5.219	9,09	16,29

*Transformações logarítmicas das variáveis acrescidas de uma unidade.

Correlações simples/N = 437

	QCG	FLUXBR	FLUXBRES	VPIND	ESTIND	ATON	VALORTON	RENDTOT	RENDMED	POP
QCG	1,00	0,59	0,65	0,87	0,88	0,27	- 0,06	0,86	0,44	0,88
FLUXBR	0,51	1,00	0,85	0,39	0,40	0,28	- 0,00	0,38	0,38	0,44
FLUXBRES	0,45	0,62	1,00	0,49	0,50	0,35	- 0,05	0,53	0,49	0,57
VPIND	0,76	0,41	0,39	1,00	0,97	0,09	- 0,05	0,94	0,33	0,92
ESTIND	0,69	0,38	0,41	0,73	1,00	0,16	- 0,09	0,96	0,31	0,95
ATON	0,52	0,21	0,28	0,47	0,60	1,00	- 0,28	0,09	0,30	0,18
VALORTON	- 0,06	- 0,04	- 0,10	- 0,06	- 0,25	- 0,47	1,00	0,07	0,00	- 0,10
RENDTOT	0,79	0,39	0,35	0,84	0,85	0,51	- 0,18	1,00	0,36	0,97
RENDMED	0,62	0,25	0,26	0,68	0,38	0,23	- 0,01	0,62	1,00	0,31
POP	0,62	0,34	0,39	0,66	0,85	0,50	- 0,25	0,89	0,20	1,00

* Correlações entre as variáveis na forma logarítmica apresentadas abaixo da diagonal principal.

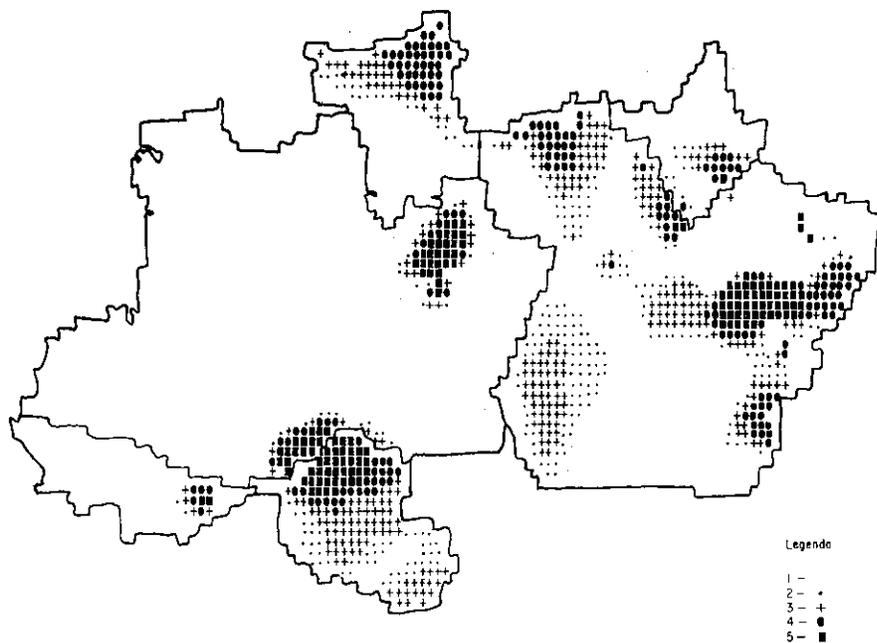
Apêndice 2 — Distribuição geográfica do consumo de óleo diesel

a) Comentários sobre a importância da distribuição geográfica do consumo de óleo diesel para o modelo estimado

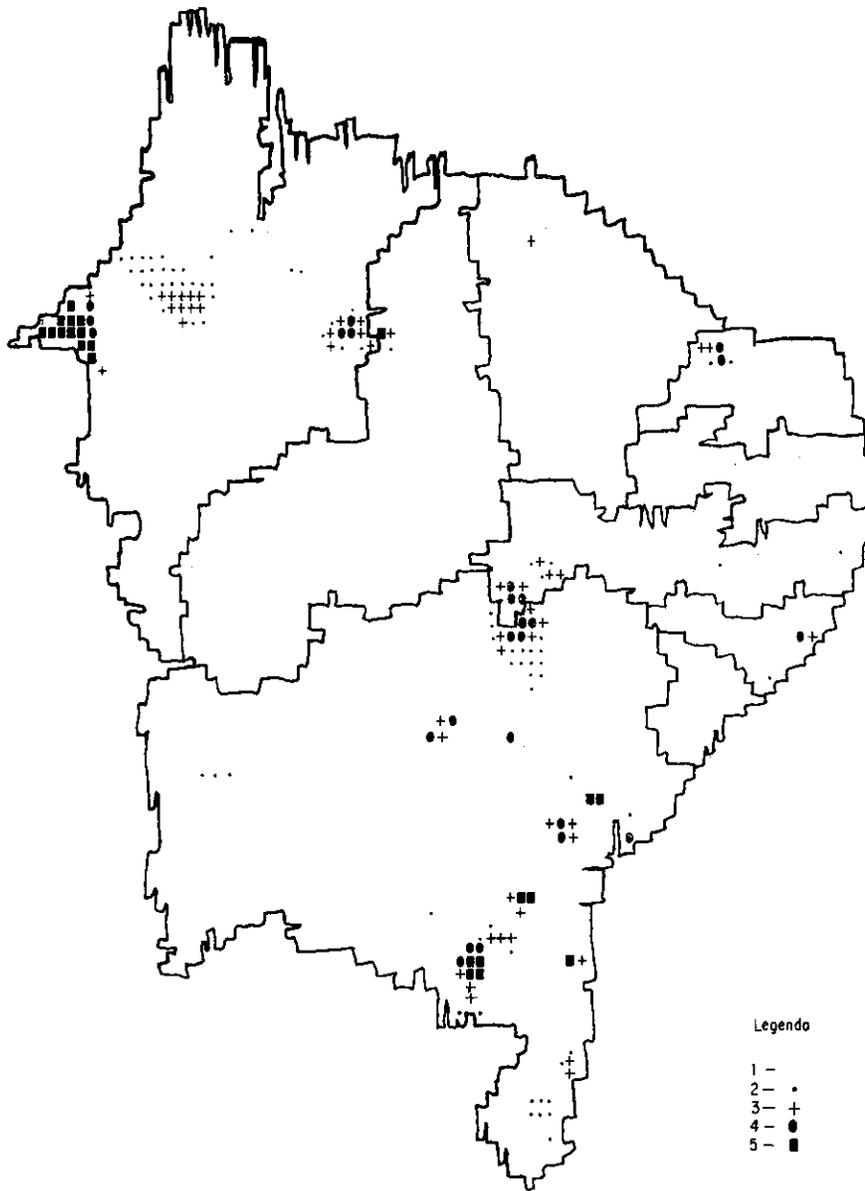
Uma das condições para que o modelo proposto revelasse de fato os determinantes do consumo de óleo diesel no transporte de carga era que este consumo deveria estar localizado geograficamente, pelo menos em grande parte, no mesmo lugar de seu fato gerador. Dada a natureza do serviço de transporte de carga, poderia muito bem ser possível que o abastecimento dos veículos de carga se desse ao longo das principais rodovias, independentemente da origem ou do destino das cargas. Se tal fosse o caso, a produção ou o consumo final de mercadorias de uma região gerariam consumo de diesel principalmente em outras regiões, comprometendo assim o poder de explicação do modelo.

Os mapas anexos (por cuja elaboração agradeço a Lourival Dantas, do IBGE) foram confeccionados com o intuito de proceder a um primeiro

Mapa 1
DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO DIESEL NA REGIÃO NORTE



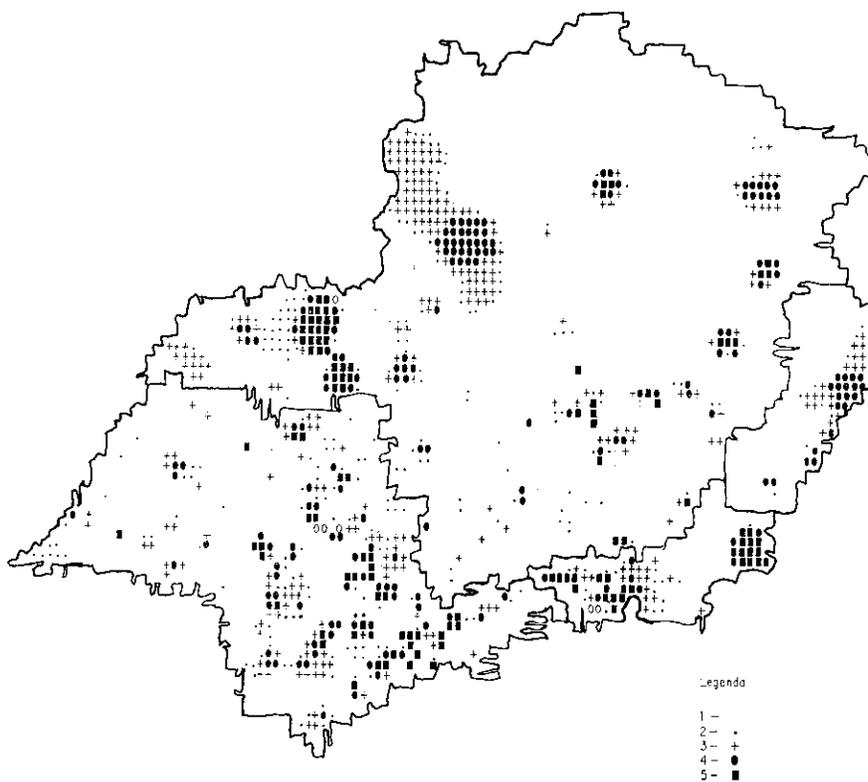
Mapa 2
DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO DIESEL NA REGIÃO NORDESTE



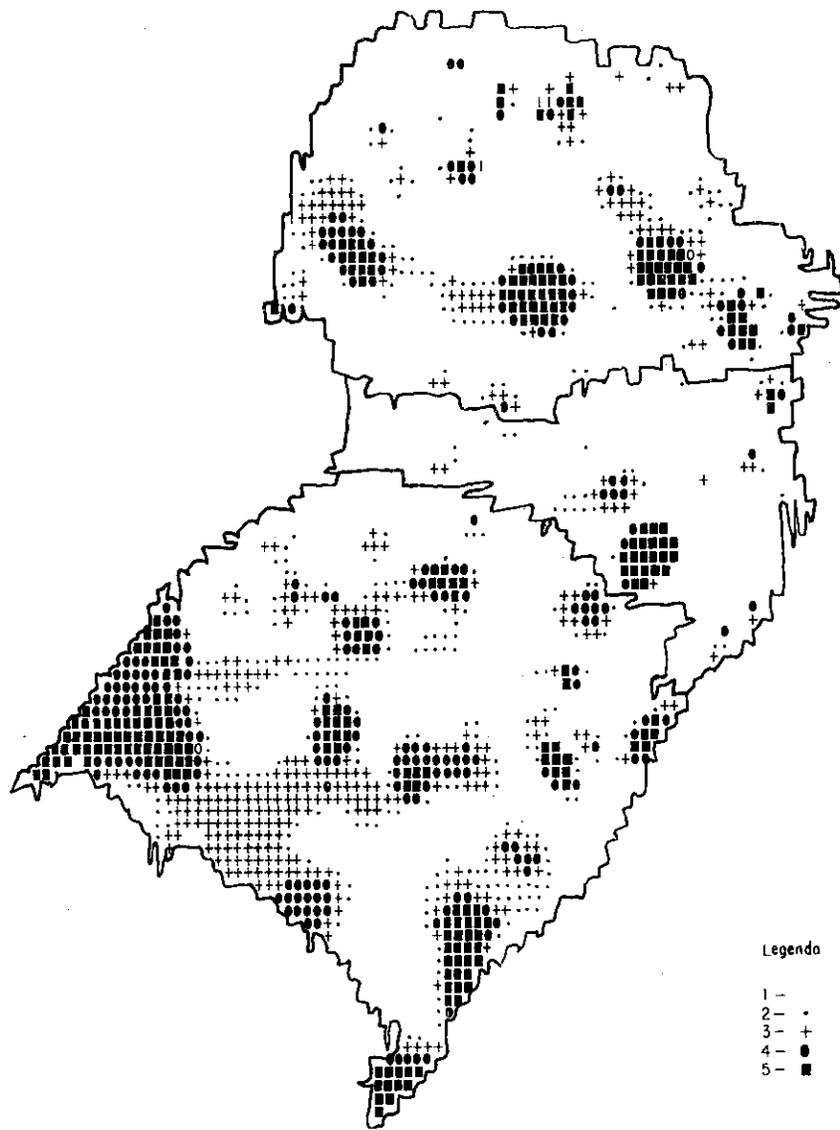
exame visual do padrão da distribuição geográfica do consumo de diesel. Caso o consumo se encontrasse concentrado somente ao longo das rodovias, poderíamos talvez suspeitar das possibilidades de sucesso do modelo, o que, felizmente, não foi o padrão apresentado. A distribuição geográfica parece estar muito mais associada ao nível de intensidade das atividades econômicas do que aos grandes eixos rodoviários. Na região Norte, por exemplo, 10 áreas se destacam nos mapas, e nenhuma destas está localizada ao longo de eixos rodoviários de trânsito entre outras regiões. Destacamos, por exemplo, as áreas dos projetos Jari, do rio Trombetas, do norte de Roraima, de Tucuruí e de Carajás.

Na região Sudeste, revela-se uma natural associação entre os eixos rodoviários e os pólos de desenvolvimento (note-se ao longo da BR-116 o destaque de Teófilo Otoni, Governador Valadares e Caratinga). Por outro

Mapa 3
DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO DIESEL NA REGIÃO SUDESTE

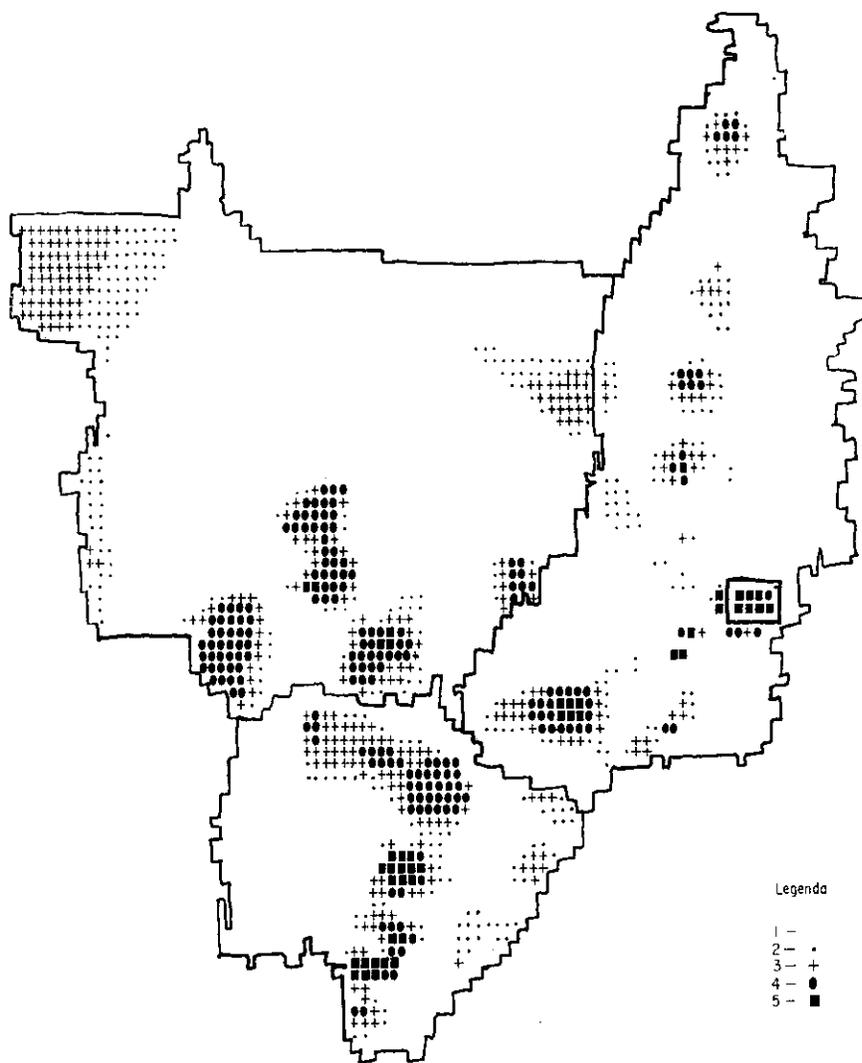


Mapa 4
DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO DIESEL NA REGIÃO SUL



Mapa 5

DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO DIESEL NA REGIÃO CENTRO-OESTE



lado, tem-se o destaque de Montes Claros, pólo de desenvolvimento regional que não se encontra ao longo do eixo de transporte inter-regional.

Na região Sul, temos os destaques de Uruguiana e São Borja (na fronteira sudoeste do Rio Grande do Sul), Passo Fundo e Cruz Alta (ao norte) e Pelotas, Rio Grande e Chuí (ao sul). É curioso notar que Chuí, embora seja uma pequena cidade, apresenta-se com destaque, funcionando como um centro de abastecimento da região Nordeste do Uruguai (principalmente de gêneros alimentícios). Em concordância com os resultados das estimações apresentados na Seção 4, é o consumo final de mercadorias a atividade econômica que tem maior impacto sobre a demanda derivada por transporte e energia.

b) Detalhes sobre os mapas

O consumo de óleo diesel utilizado é o consumo total no ano de 1980, em cada município. Nos mapas, há cinco níveis de intensidade de consumo. Os intervalos de consumo para cada nível são descritos na Tabela A.1. Na Tabela A.2, apresentam-se as estatísticas básicas dos municípios segundo regiões e intervalos de consumo.

TABELA A.1

Intervalos de consumo de óleo diesel de acordo com as legendas dos mapas — 1980

Legendas	Min (m ³)	Max (m ³)	Número de municípios (total das regiões)
5	25.000	1.095.434 (São Paulo)	121
4	15.000	25.000	122
3	10.000	15.000	152
2	7.000	10.000	156
1	1	7.000	3.449

TABELA A.2

Estatísticas descritivas do consumo de diesel segundo regiões e intervalos de consumo

Regiões	Faixas de consumo e legenda	Quantidade consumida (m ³ de óleo diesel)				
		Número de municípios	Média	Soma	Min	Max
Norte	1	102	1.319	134.528	11	6.922
	2	8	8.583	68.660	7.482	9.711
	3	7	13.207	92.446	10.763	14.379
	4	4	20.436	81.742	17.094	22.294
	5	7	88.253	617.768	28.906	262.331
Nordeste	1	802	1.223	981.205	4	6.987
	2	20	8.007	160.136	7.089	9.638
	3	20	12.411	248.211	10.011	14.938
	4	8	18.420	147.357	15.502	23.174
	5	15	61.422	921.329	26.877	182.242
Sudeste	1	977	1.702	1.663.313	5	6.998
	2	64	8.416	538.601	7.096	9.920
	3	66	12.295	811.475	10.001	14.894
	4	60	19.233	1.153.977	15.029	24.935
	5	61	82.478	5.031.147	25.194	1.095.434
Sul	1	573	1.911	1.094.992	8	6.983
	2	43	8.294	356.661	7.067	9.946
	3	42	11.792	495.249	10.070	14.924
	4	25	18.875	471.885	15.066	24.833
	5	28	52.991	1.483.735	26.741	199.048
Centro-Oeste	1	220	1.929	424.425	1	6.998
	2	21	8.479	178.050	7.355	9.651
	3	17	11.840	201.288	10.021	14.432
	4	15	19.964	299.454	15.798	24.571
	5	10	56.041	560.408	27.532	134.671

Abstract

A model of the demand for diesel oil in the cargo transportation sector is developed. The model specification includes variables related to wages, population and production (both agricultural and industrial). Estimation is based on 1980 cross-section data on 437 traffic regions in Brazil, assuming a fixed price structure. The demand for diesel oil is found to be more responsive to per capita and total salaries (elasticity $\epsilon = 0,9$) while agricultural and industrial productions have smaller effects ($\epsilon = 0,3$ and $\epsilon = 0,1$, respectively). The value per ton of the agricultural product has also an important influence on the demand for diesel oil ($\epsilon = 0,6$). Policy implications of the results are discussed.

Bibliografia

- AIGNER, D. *Basic econometrics*. Englewood-Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1971.
- BARROS, R. P. de, e FERREIRA, S. S. *Um modelo econométrico para a demanda de gasolina pelos automóveis de passeio*. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1982 (Texto para Discussão do Grupo de Energia, 7).
- BELSLEY, D., KUH, E., e WELSCH, R. *Regression diagnostics*. New York, Wiley, 1980.
- BERNDT, E., e BOTERO, G. Energy demand in the transportation sector of Mexico. *Journal of Development Economics*, Amsterdã, 17(3):219-38, 1985.
- BOLUDA, L. *Um modelo de demanda de energia do setor de transporte rodoviário de cargas*. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1985 (Texto para Discussão do Grupo de Energia, 31).
- CASTRO, N. de. Determinantes estruturais do consumo energético no transporte rodoviário no Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE USO RACIONAL DE ENERGIA. *Anais...* São Paulo, Energia de São Paulo, 1985.
- DONNELLY, W. The regional demand for petrol in Australia. *Economic Record*, Victoria, 59 (163) :317-27, 1982.
- FUSS, M., e McFADDEN, D. *Production economics: a dual approach to theory and application*. Amsterdã, North-Holland, 1980.
- GEIPOP. *Anuário estatístico dos transportes*. Brasília, 1983.
- GLEJNER, H. A new test for heteroscedasticity. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 64:316-23, 1969.
- GREENE, D. A derived demand model of regional highway diesel fuel use. *Transportation Research - B*, Elmsford, N. Y. 18B (1) :43-51, 1984.
- IBGE. *Empresas de transporte rodoviário*. Rio de Janeiro, 1984. v. 9.
- Determinantes da demanda derivada por transporte e energia*

- MOSTELLER, F., e TUKEY, J. *Data analysis and regression*. Reading, MA, Addison-Wesley, 1977.
- PARK, R. Estimation with heteroscedastic error term. *Econometrica*, New Haven, 34 (4) :888, 1966.
- PINDYCK, R., e RUBINFELD, D. *Econometric models and economic forecasts*. New York, McGraw-Hill, 1981.
- PINHEIRO, A. C. *Sobre a dieselização da frota brasileira de caminhões*. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1983 (Texto para Discussão do Grupo de Energia, 17).
- RAMOS, L. R. A. *Cenários de demanda de derivados de petróleo*. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1984 (Texto para Discussão do Grupo de Energia, 16).
- RFFSA. *Relatório — 1983*. Brasília, Ministério dos Transportes, 1983.
- STEPHENS, M. Use of Kolmogorov-Smirnov, Cramer, Von Mises and related statistics without extensive tables. *Journal of the Royal Statistical Society*, Ser. B, Londres, 32 (1) :115-22, 1970.
- . EDF statistics for goodness of fit and some comparisons. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 69 (347) : 730-7, 1974.
- TRANSPORTATION ASSOCIATION OF AMERICA. *Transportation facts and trends — 1976*. Washington, D. C., 1976.

(Originais recebidos em janeiro de 1986. Revistos em agosto de 1986.)