

IPÊA/INPES
Serv. de
Documentação

TEXTÓ PARA DISCUSSÃO
GRUPO DE ENERGIA
Nº XLI

"Caracterização das Decisões Logísticas de Curto Prazo de Firms Comerciais e Industriais".

Joffre D.Swait Jr.

Abril de 1987

IPEA
05-87
ex.2

RJF0234/87
IPEA - RJ

Tiragem: 90 exemplares

Instituto de Pesquisas do IPEA

Instituto de Planejamento Econômico e Social

Avenida Presidente Antônio Carlos, 51 - 130/170 andares
20020 Rio de Janeiro RJ

Tel.: (021) 210-2423

ASSINADA EM

IPEA
INSTITUTO DE PLANEJAMENTO
ECONÔMICO E SOCIAL
Serviço de Documentação

F. n.º 234
Data 18, 05, 87

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

	Página
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	01
1.1. Escopo e Objetivos.....	01
1.2. Estrutura do Relatório.....	02
2. <u>DESCRIÇÃO DOS DADOS DO CIVI</u>	20
2.1. Introdução aos Dados do CIVI.....	02
2.2. Verificação e Depuração dos Dados.....	04
3. <u>ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS</u>	04
3.1. Introdução.....	04
3.2. Caracterização Geral dos Dados.....	05
3.3. Análise do Interrelacionamento entre Escolha Modal e Tamanho de Lote.....	09
4. <u>DESENVOLVIMENTO DE MODELOS ECONÔMICOS</u>	15
4.1. Introdução.....	15
4.2. Descrição do Sistema de Modelos.....	15
4.3. O Modelo de Tamanho de Lote.....	17
4.4. O Modelo de Escolha Modal.....	20
4.5. Discussão dos Resultados.....	24
5. <u>CONCLUSÃO</u>	25
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	27

Caracterização das decisões
logísticas de curto prazo de fir



RJF0234/87

IPEA - RJ

IPEA/INPE
Serv. de
Documentação

LISTA DAS TABELAS

	Página
<u>Tabela 1</u> - Distribuição das Notas Fiscais por Natureza da Operação - Cidade do Rio de Janeiro - 1980....	05
<u>Tabela 2</u> - As Dez Mercadorias que Constituem 50% do Valor Total Declarado - Cidade do Rio de Janeiro - 1980	06
<u>Tabela 3</u> - Peso Médio por Carregamento - Cidade do Rio de Janeiro - 1980.....	07
<u>Tabela 4</u> - Distribuição de Escolha Modal dos Carregamentos - Cidade do Rio de Janeiro - 1980.....	08
<u>Tabela 5</u> - Valor Específico Médio por Carregamento - Cidade do Rio de Janeiro - 1980.....	10
<u>Tabela 6</u> - Modelo de Regressão Múltipla de Tamanho de Lote.....	19
<u>Tabela 7</u> - Modelo MNL de Escolha Modal: Pelo Líquido Observado < 30 kg.....	22
<u>Tabela 8</u> - Modelo MNL de Escolha Modal: Peso Líquido observado > 30 kg.....	23

LISTA DAS FIGURAS

	Página
<u>Figura 1</u> - Distribuição de Tamanho de Lote - Todos os Modos - Cidade do Rio de Janeiro - 1980.....	13
<u>Figura 2</u> - Distribuição de Tamanho de Lote - Modos Rodoviário e Ferroviário - Cidade do Rio de Janeiro - 1980.....	14
<u>Figura 3</u> - Distribuição de Tamanho de Lote - Modos Aéreo e Postal - Cidade do Rio de Janeiro - 1980...	16

CARACTERIZAÇÃO DAS DECISÕES LOGÍSTICAS

DE CURTO PRAZO DE FIRMAS COMERCIAIS

E INDUSTRIAIS

Joffre D. Swait Jr.*

Este estudo tem por objetivo analisar duas variáveis do sistema logístico de qualquer empresa comercial ou industrial: a escolha modal e o tamanho de lote. Utilizam-se os dados do CIVI (Comércio Interestadual por Vias Internas) de 1980 para a Cidade do Rio de Janeiro. É feita uma análise descritiva dos dados para chegar-se a uma caracterização do tipo de produto exportado, seus destinos, o tamanho médio dos lotes, e a distribuição modal.

Subseqüentemente, uma subamostra dos dados do CIVI é utilizada para estimar modelos econométricos de tamanho de lote e escolha modal. O primeiro é estimado como um modelo de regressão múltipla do tipo double-log, e o segundo como um modelo de escolha discreta do tipo Multinomial Logit. Os resultados da estimação indicam um importante grau de dependência entre as duas decisões.

Conclui-se o trabalho com algumas considerações sobre a necessidade de melhores dados sobre o transporte de carga no país para nortear o desenvolvimento de políticas para o setor.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Escopo e Objetivos

A demanda por movimentação de carga resulta da separação dos locais de produção e dos mercados de consumo. Ao contrário do transporte de passageiros, porém, o transporte de carga pode ocorrer de duas maneiras distintas: primeiro, pode haver um translado da carga no espaço (i.e., o transporte propriamente dito), e segundo, pode ocorrer um translado da carga no tempo (i.e., a estocagem).

* Programa de Engenharia de Transportes - COPPE/UFRJ.

Assim, o comportamento de uma firma, em termos de escolha modal para transporte de bens, está intimamente ligado ao custo relativo de estocagem versus transporte.

O presente trabalho tem por objetivo:

(1) caracterizar a influência que os atributos técnicos e econômicos dos modos de transporte têm sobre as decisões logísticas de curto prazo de firmas comerciais e industriais;

(2) investigar a relação entre estoque e transporte em função do tipo de mercadoria, natureza da operação comercial, destino, etc.

1.2. Estrutura do Trabalho

Na seção 2, apresenta-se uma descrição dos testes efetuados para depurar os dados utilizados neste estudo. Na seção 3, a análise descritiva dos dados é relatada. A seção 4 contém uma descrição dos modelos econométricos de tamanho de lote e escolha modal estimados. Conclui-se o estudo, na seção 5, com algumas observações sobre os resultados alcançados, e sugestões sobre possíveis extensões para esta pesquisa.

2. DESCRIÇÃO DOS DADOS DO CIVI

2.1. Introdução aos Dados do CIVI

Toda transação comercial, seja ela uma venda ou uma transferência, deve gerar um registro de sua ocorrência através da emissão de uma nota fiscal. Embora o objetivo principal da nota seja a monitoração fiscal, este documento contém várias informações úteis à presente análise.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Economia - IBGE, até 1981, anualmente efetuava uma amostragem das notas fiscais emitidas em transações interestaduais. Os dados do CIVI (Comércio Interestadual por Vias Internas) utilizados neste projeto são a amostra do Estado do Rio de Janeiro para o ano de 1980. O arquivo fornecido pelo IBGE contém 179.409 notas fiscais, representando carregamentos originários de municípios fluminenses com destino a outras Unidades da Federação.

O registro de cada nota fiscal contém as seguintes informações de interesse sobre uma transação:

- (1) município fluminense de origem;
- (2) destino da mercadoria (a nível de Unidade da Federação);
- (3) natureza da operação:
 - vendas a contribuintes de ICM para industrialização ou comercialização
 - vendas a não contribuintes
 - transferências para industrialização ou comercialização
 - transferências para uso ou consumo
 - remessa para revenda;
- (4) tipo de mercadoria (código NBM);
- (5) quantidade, peso líquido e valor da mercadoria;
- (6) modo de transporte utilizado:
 - rodoviário
 - aéreo
 - postal
 - ferroviário.

Dois tipos de documentos estão presentes no cadastro do CIVI: notas fiscais e notas-resumo. A nota fiscal registra uma transação específica. A nota-resumo, por sua vez, agrega todas as transações efetuadas por um estabelecimento, durante o período de um mês, que tenham o mesmo destino e a mesma natureza de operação, envolvam o mesmo tipo de mercadoria e utilizem o mesmo modo de transporte. Dados todos esses condicionantes sobre a emissão de uma nota-resumo, parece razoável supor que seja possível tratar-se os dois tipos de documentos de maneira idêntica. Uma análise dos dados mostrou que tal procedimento não é prejudicial, pois a agregação resultante não é significativa.

Os modos postal e aéreo apresentam pesos médios bastante reduzidos em relação aos primeiros dois modais. Dado o custo unitário elevado destes modos e características especiais do serviço ofertado (e.g., entrega rápida), faz sentido que o tamanho dos lotes seja sensivelmente menor. Deve-se também considerar que para cada modal existe um "lote máximo" tecnicamente possível, o que influi nas escolhas modais observadas.

Para encerrar esta seção apresentamos na Tabela 4 a distribuição de escolha modal registrada na amostra utilizada. O modal rodoviário é indiscutivelmente predominante. Os resultados mostrados na Tabela 4 baseiam-se no número de notas fiscais observadas, mas o mesmo padrão pode ser constatado quando a distribuição modal é baseada em peso líquido e em valor declarado.

Tabela 4 - Distribuição de Escolha Modal dos Carregamentos
- Cidade do Rio de Janeiro - 1980

Modo	Nº de Notas	%
Rodoviário	1.701.810	99,76
Postal	2.518	0,15
Aéreo	1.038	0,16
Ferroviano	548	0,03
TOTAL	1.705.914	100,00

FONTE: IBGE/CIVI/1980, amostra de 33.363 notas fiscais e notas-resumo.

Na seção seguinte procuraremos explorar mais profundamente a questão da escolha modal para o transporte de carga, e sua relação com o tamanho do lote despachado.

3.3. Análise do Interrelacionamento entre Escolha Modal e Tamanho de Lote

Um estabelecimento industrial ou comercial está sujeito a várias incertezas no seu ambiente:

- (1) existem incertezas na disponibilidade de insumos supridos por fornecedores (quantidade, data de entrega);
- (2) existem incertezas quanto a preços futuros de insumos e do bem produzido;
- (3) existem incertezas quanto ao próprio nível de demanda pelo bem produzido;
- (4) e, finalmente, podem ser citadas as incertezas inerentes ao serviço de transporte.

Tal ambiente dinâmico argumenta pela manutenção de estoques de insumos e de produtos acabados. O estoque serve como fator de segurança para absorver possíveis variações inesperadas nos vários aspectos acima citados.

Manter estoques implica, porém, incorrer em custos, como o do capital empatado no estoque, o da infra-estrutura de armazenagem, o da administração do estoque, etc. Esses custos funcionam no sentido contrário às incertezas para argumentar contra a manutenção do estoque. Intuitivamente, é razoável haver um nível "ótimo" do estoque que diminua os impactos negativos das incertezas por um dado preço.

Tal nível de estoque, combinado à qualidade do serviço de transporte, implicará diferentes tamanhos de pedidos de insumos junto a fornecedores (poderíamos, igualmente, falar da frequência de tais pedidos). Quanto mais incerto o serviço de transporte, maiores seriam os tamanhos dos pedidos feitos, para uma dada frequência dos pedidos. Pode-se pensar, portanto, na idéia do modo de transporte "ótimo" para uma firma. Esse melhor modo é uma função de muitas variáveis, como preço e características do produto transportado, preço e qualidade do serviço de transporte e custo de armazenagem. Assim, uma firma que fabrique computadores poderá ter vários modos "ótimos", cada qual o mais adequado para diferentes insumos. Os componentes eletrônicos, de alto valor específico (i.e., valor por

gente de pequenas e médias encomendas. Essas firmas muitas vezes combinam transporte aéreo (nas longas distâncias) com transporte rodoviário nas etapas de coleta e distribuição.

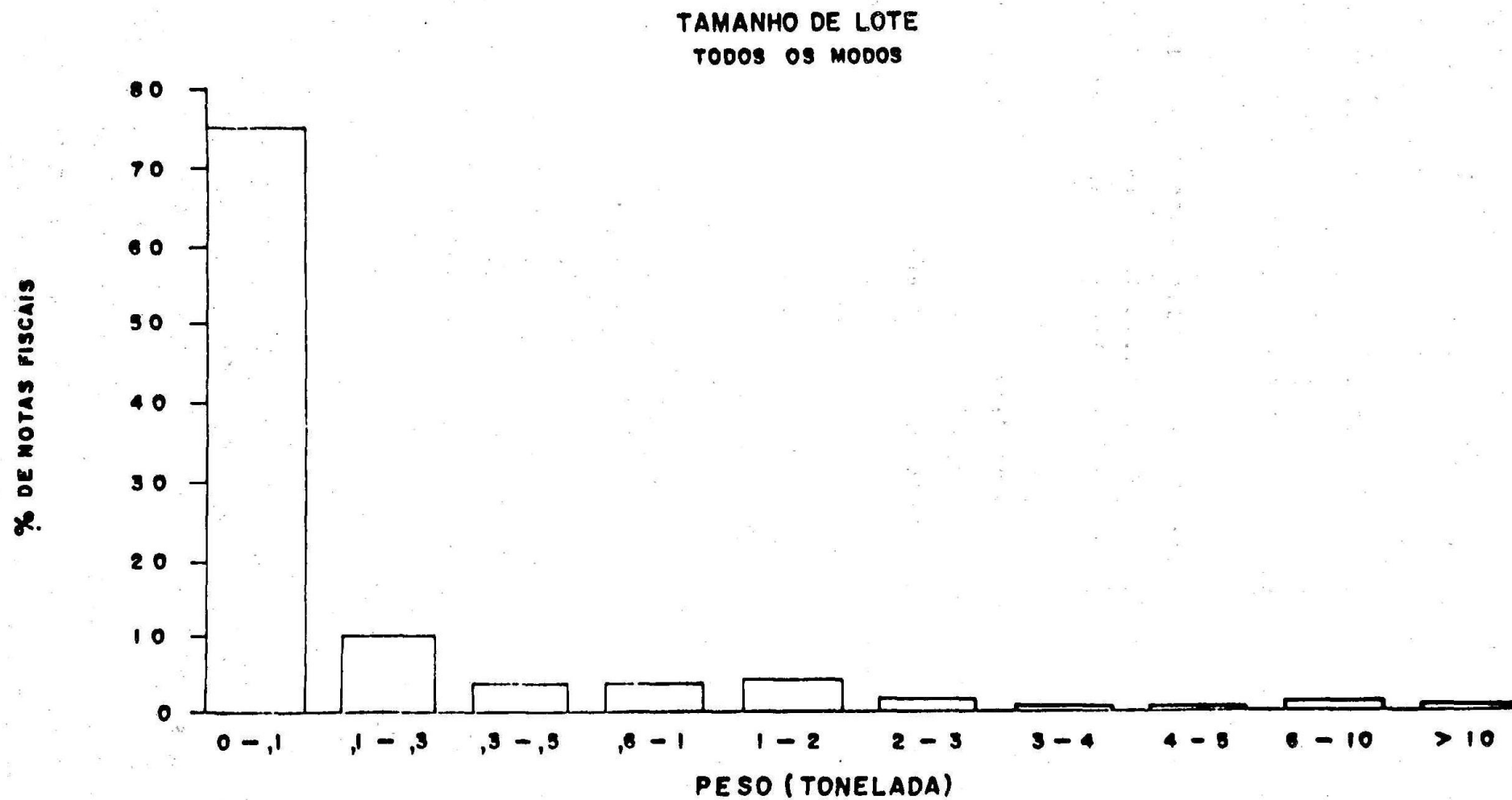
Na Figura 1 mostra-se a distribuição de tamanhos de lotes para toda a amostra. O peso médio por nota fiscal é na ordem de 350 kg. Vê-se na figura que 75% das notas fiscais têm peso inferior ou igual a 100 kg.

Considerando que a amostra espelha transações comerciais entre indústrias, e entre indústrias e estabelecimentos comerciais, a predominância dos pequenos lotes tem implicações bastante interessantes:

- os pequenos lotes podem surgir por várias razões, tais como: os estabelecimentos em questão fazem pedidos pequenos a uma frequência elevada porque o custo do capital empata do em estoque é alto em relação ao custo de transporte; ou o custo associado à falta de um produto é baixo em relação aos outros custos; ou ainda, a demanda pelo produto é pequena, resultando em pequenos pedidos feitos com pouca frequência;
- existem implicações para o transportador, especialmente o rodoviário, que deve considerar que a dispersão geográfica dos pontos de entrega, aliada ao pequeno tamanho dos lotes individuais, exige dele uma operação de consolidação de cargas para melhor aproveitar a capacidade de seus veículos. Tal consolidação inevitavelmente provoca uma deterioração do nível de serviço ofertado, o que deve ser compensado por um gerenciamento apurado das operações de transporte para manter a competitividade da empresa.

A Figura 2 apresenta as distribuições de tamanho de lote para os modos rodoviário e ferroviário. Em ambos os modos o padrão observado na Figura 1 é repetido, embora o modo ferroviário tenha um percentual maior de lotes maiores (vide também Tabela 3). Certamente, uma das razões para a predominância de lotes pequenos na amostra é que muitas das mercadorias presentes nos dados são artigos de consumo final, como foi mencionado anteriormente.

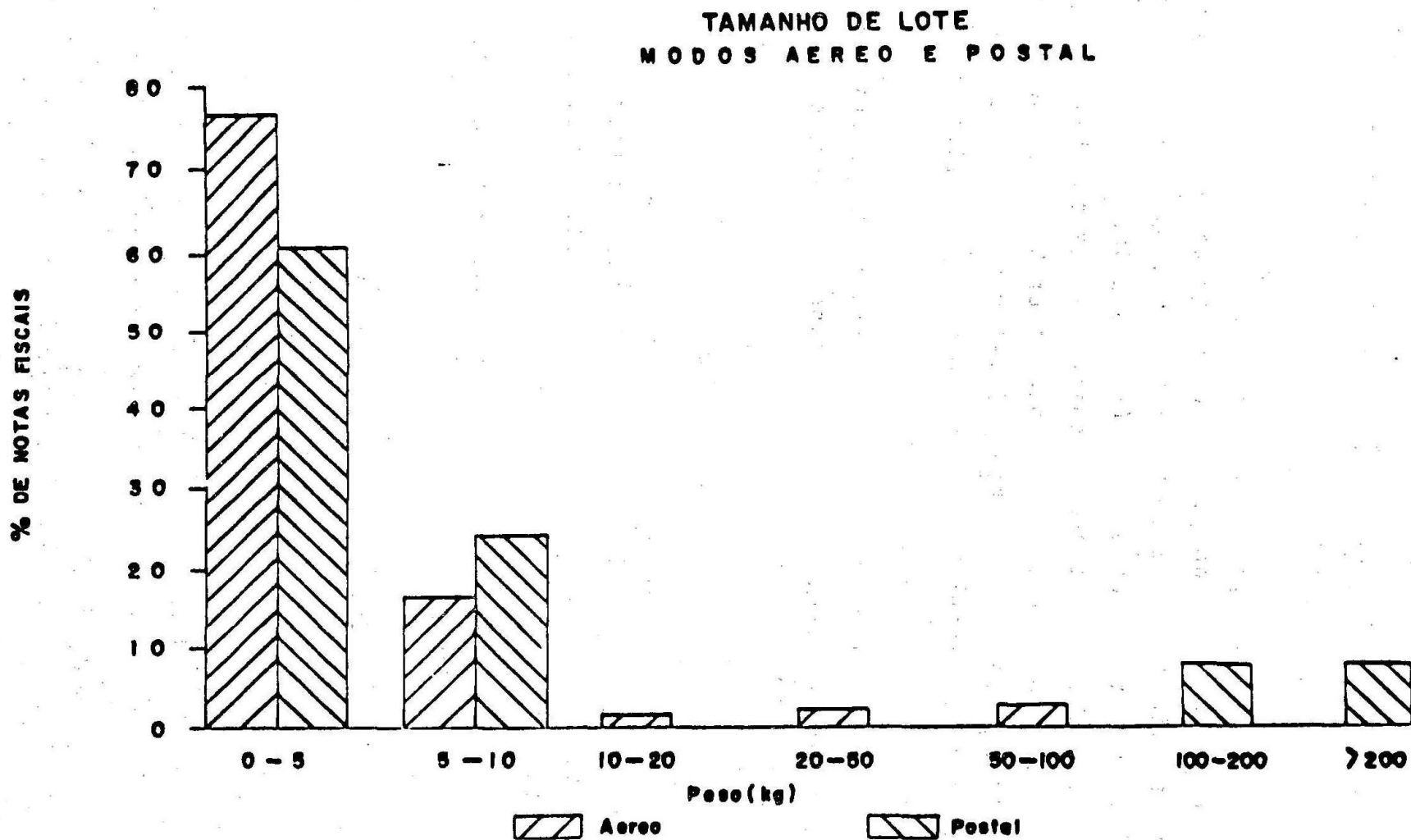
Figura 1 - Distribuição de Tamanho de Lote - Todos os Modos
Cidade do Rio de Janeiro - 1980



INPE
SERV. de
Documentação

INPE, XLI/87

Figura 3 - Distribuição de Tamanho de Lote - Modos Aéreo e Postal - Cidade do Rio de Janeiro - 1980



T_m = valor total do carregamento pelo modo m ($L_m * v$)

d_m = impedância (função de custo e tempo) entre a origem e destino pelo modo m

Na equação (1), o tamanho de lote (ou seja, o tamanho do pedido) especificado por um comprador ao seu fornecedor é definido por dois fatores: a taxa de utilização temporal do produto (U) e o valor específico do produto (v). O primeiro fator relaciona o nível de produção ou vendas do comprador com sua demanda pelo insumo suprido pelo fornecedor; quanto maior U , maior deverá ser o tamanho do lote L_m , ceteris paribus. O fator v representa o custo para o comprador de manter um estoque do insumo, quanto maior, menor deverá ser o tamanho do lote.

A escolha do modo de transporte, expressa no modelo (2), é afetada por três fatores: o tamanho do lote, o valor total do carregamento (que expressa o custo de estoque enquanto o produto estiver em trânsito) e o custo de transporte da origem ao destino. Espera-se que o efeito do tamanho do lote seja o de reduzir a probabilidade de escolha de um dado modo, quanto maior for o lote. Semelhantemente, quanto mais caro o modo, menor a chance de que ele seja escolhido. E quanto mais valioso o produto, maior a chance do modo ser escolhido.

Nas subseções a seguir, serão apresentados os resultados de estimação do sistema (1)-(2).

4.3. O Modelo de Tamanho de Lote

Do total de aproximadamente 33 mil registros disponíveis, 2.150 foram selecionados para estimação do modelo de tamanho de lote. O processo de seleção foi por amostragem aleatória simples para os registros do modo rodoviário; todos os registros válidos dos outros modos foram incluídos na subamostra para estimação do modelo.

Devido ao desconhecimento da taxa de utilização do produto por um dado comprador representado na amostra, fez-se necessário encontrar uma proxy para capturar o efeito de U . Como tal, foi utilizado aqui o valor total da produção industrial e agropecuária do estado de destino da mercadoria.

Optou-se também por incluir no modelo uma variável ad hoc, qual seja, a densidade da malha rodoviária pavimentada (quilômetros de rodovia por quilômetro quadrado de área), para capturar efeitos do nível de desenvolvimento do sistema de transportes no estado de destino da mercadoria. Estes efeitos seriam semelhantes àqueles do valor total da produção, além de expressar um possível impacto de acessibilidade.

O valor da mercadoria por unidade de peso é conhecido a partir dos dados e, portanto, não apresenta maiores problemas à estimação do modelo.

A equação (1) foi estimada como um modelo de regressão múltipla do tipo double log, com a variável dependente sendo o logaritmo do tamanho do lote, em quilogramas, e com as seguintes variáveis independentes:

- logaritmo natural do valor da produção industrial e agropecuária do estado de destino, em cruzeiros de 1980;
- logaritmo natural da densidade de rodovias pavimentadas no estado de destino, em quilômetro por quilômetro quadrado.
- logaritmo natural do valor específico da mercadoria, em cruzeiros de 1980 por quilograma.

Foram também incluídos efeitos modais específicos, através das constantes e da segmentação do efeito da variável valor específico por modo. Note-se que num modelo double log, a elasticidade da variável dependente com relação a uma das variáveis independentes é dada pelo próprio coeficiente da variável independente.

Os parâmetros estimados são apresentados na Tabela 6. Os sinais dos coeficientes são aqueles indicados pela discussão anterior. Os níveis de significância individual dos parâmetros são muito bons, com exceção da variável densidade de rodovias pavimentadas, o que em nada compromete o modelo, pois esta variável é teoricamente dispensável. Como um todo, o conjunto de variáveis é altamente significativo, conseguindo explicar quase 50% da variabilidade observada no tamanho de lotes. Um exame visual dos resíduos do modelo leva à conclusão de que o modelo estimado é homocedástico.

Tabela 6 - Modelo de Regressão Múltipla de Tamanho de Lote

Variável dependente = logaritmo natural do tamanho de lote, em kg

Número de observações = 2150

Número de parâmetros = 10

Coefficientes de determinação (R^2) = 0,487

R^2 corrigido por graus de liberdade = 0,485

Desvio padrão da regressão = 1,262

Estatística F (9,2140) = 225,97

Soma dos quadrados:

- Modelo	3236,86
- Erro	<u>3405,98</u>
- Total	6642,84

Variável	Parâmetro Estimado	Estat. t
CONSTANTE	5,7967	12,2
CONSTANTE MODAL		
- Caminhão	-1,5298	-6,8
- Aéreo	-4,0476	-10,2
- Postal	-4,8340	-8,4
LOGARITMO NATURAL DO VALOR DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL E AGROPECUÁRIA DO ESTADO DE DESTINO, em Cr\$ 1980	0,0696	3,8
LOGARITMO NATURAL DA DENSIDADE DE RODOVIAS PAVIMENTADAS NO ESTADO DE DESTINO, em km/km ²	0,0188	0,6
LOGARITMO NATURAL DO VALOR ESPECÍFICO DA MERCADORIA, em Cr\$ de 1980 por kg, por modo		
- Postal	-0,2678	-1,9
- Aéreo	-0,3449	-4,9
- Caminhão	-0,6143	-27,0
- Ferrovia	-0,8089	-14,6

De especial interesse são os coeficientes da variável valor específico, estratificada por modo de transporte. Estes coeficientes sugerem a existência de três grupos modais:

- postal e aéreo;
- caminhão;
- ferrovia.

Os coeficientes indicam que o tamanho do lote de mercadorias transportadas por correio e avião é relativamente insensível a variações no valor por unidade de peso do produto. Isto é devido, sem dúvida, ao tipo de mercadoria transportada por esses dois modais (vide subseções 3.3). O modo rodoviário apresenta uma sensibilidade maior, certamente porque a gama de produtos transportada por caminhão é bem maior do que aquela transportada pelo primeiro grupo de modos. Finalmente, há o modo ferroviário, que transporta predominantemente produtos de baixo valor específico e grandes volumes, refletido no modelo através de uma elasticidade quase unitária (-0,81).

O bom nível de explicação do modelo chega a ser um pouco surpreendente, já que esta é uma amostra cross-section. Este bom desempenho pode ser devido à predominância do modo rodoviário na amostra, o que nos leva a interpretar os resultados com alguma cautela, especialmente para os outros modos de transporte.

Foi também feita uma segmentação da amostra por quatro grandes grupos de mercadorias: (1) gêneros alimentícios (códigos NBM de dois dígitos de 0 a 23); (2) produtos químicos (códigos NBM 24-49); (3) vestuário (códigos NBM 50-67); e (4) metais (códigos NBM 68 a 69). Estatisticamente, os quatro modelos respectivos não explicam a variabilidade observada melhor do que o modelo global, a um nível de significância de 90%. Os resultados desta segmentação não são aqui apresentados.

4.4. O Modelo de Escolha Modal

A forma funcional adotada para a equação (2) é o modelo Multinomial Logit (MNL), conforme especificado a seguir:

$$P_m = \exp(w_m) / \sum_{k \in m} \exp(w_k) \quad (3)$$

Todo registro, no arquivo do CIVI, contém o resultado final das decisões de tamanho de lote e escolha modal. O modelo (3) requer que se conheça o tamanho de lote que teria sido utilizado de outro modo, que não o observado, tivesse sido escolhido. Como não se observou este fenômeno diretamente, resta a alternativa de substituir por L o estimador \hat{L}_m , obtido da aplicação do modelo descrito na subseção 4.3. Portanto, o modelo de escolha modal será estimado com uma variável instrumental e uma função desta variável, pois tem-se que $\hat{T}_m = \hat{L}_m * v$.

Não é possível calcular o valor de d_m corretamente, pois não é conhecido o município de destino de carga. Assim, aproxima-se o efeito de d_m usando apenas a proxy distância da cidade do Rio de Janeiro à capital do estado de destino, pelo modo em questão. Foi assumido que a distância por correio é a mesma que por via aérea.

Quanto à disponibilidade de modos alternativos para cada observação, assumiu-se que os modos caminhão, aéreo e postal estão disponíveis para aquelas observações cujo peso líquido fosse menor ou igual a 30 kg, para qualquer estado de destino. Para observações com peso líquido observado acima de 30 kg, assumiu-se que os modos disponíveis são caminhão e ferrovia, e este último apenas se o estado de destino for Minas Gerais, São Paulo ou Espírito Santo. Esta definição, baseada no peso líquido, foi motivada pela clara separação dos mercados servidos pelos vários modais, conforme pode ser visto nas Figuras 2 e 3, discutidas anteriormente na subseção 3.3.

Assim, foram desenvolvidos dois modelos MNL: o primeiro é um modelo trinomial, com as alternativas rodoviária, aérea e postal, para tamanhos de lotes menor ou igual a 30 kg; o segundo é um modelo binomial, com as alternativas rodoviária e ferroviária para tamanhos de lotes acima de 30 kg. O primeiro modelo tem um total de 1496 observações, e o segundo, 486 observações.

Os resultados da estimação do modelo trinomial, para pesos líquidos observados abaixo de 30 kg, são mostrados na Tabela 7. Como se pode ver, os parâmetros são individualmente diferentes de zero, a um nível de significância de pelo menos 95%. O modelo é altamente significativo, pois a estatística chi-quadrado é igual a 1980,83, com 5 graus de liberdade, o que equivale a muitas vezes o valor crítico para qualquer nível de significância de interesse.

Em analogia com o modelo de regressão múltipla, no qual o a juste global do modelo é expressado através do coeficiente de deter minação, existe a medida rho-quadrado para o modelo MNL. Esta medi da também varia entre 0 e 1; quanto mais perto de 1, melhor é o mo delo. Porém, um modelo MNL com rho-quadrado na ordem de 0,4 pode ser considerado muito bom; nesta ô tica, o modelo da Tabela 7 tem um desempenho excelente, pois seu rho-quadrado é de 0,6. Este resulta do pode ser fruto da predominância do modo rodoviário na amostra (vide a Tabela 7, que contém a distribuição das escolhas observadas).

Tabela 7 - Modelo MNL de Escolha Modal: Pelo Líquido Observado
< 30 kg

Variável	Parâmetro Estimado	Estat. t Assint.
CONSTANTES MODAIS		
- Caminhão	-0-	
- Aéreo	-1,8237	-6,1
- Postal	-3,4671	-9,4
DISTÂNCIA (KM) DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO A CAPITAL DO ESTADO DE DESTINO, PELO MODO EM QUESTÃO	-0,9608	-6,6
TAMANHO DO LOTE (KG), ESTIMADO PELO MODELO DA TABELA 6	-0,0059	-2,0
VALOR TOTAL DO LOTE (CRUZEIROS DE 1980)	0,5808	3,2

Logaritmo da verossimilhança:

- em zero $[L(0)] = -1643,54$

- nos parâmetros ótimos $[L(B)] = -653,130$

Estatística chi-quadrado = $-2[L(0)-L(B)] = 1980,83$

Graus de liberdade = 5

Rho quadrado = 0,6026

Rho quadrado corrigido = 0,5996

Alternativa	Número Escolhendo
Caminhão	1286
Aéreo	179
Postal	31
TOTAL	1496

O modelo MNL para pesos líquidos observados acima de 30 kg é apresentado na Tabela 8. Novamente, os coeficientes são individualmente significativos, e no conjunto, o modelo é superior na previsão das escolhas observadas, em comparação com o uso de um modelo mais simples, como, por exemplo, o modelo da escolha aleatória (ou seja, todos os coeficientes iguais a zero). O ajuste global deste modelo, enquanto aceitável, não é tão bom quanto aquele exibido pelo primeiro modelo, discutido acima.

Tabela 8 - Modelo MNL de Escolha Modal: Peso Líquido Observado > 30 kg

Variável	Parâmetro Estimado	Estat. t Assint.
CONSTANTES MODAIS		
- Ferrovia	-0-	
- Caminhão	1,9890	2,1
DISTÂNCIA (KM) DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO A CAPITAL DO ESTADO DE DESTINO, PELO MODO EM QUESTÃO	-6,1540	-3,4
TAMANHO DO LOTE (KG), ESTIMADO PELO MODELO DA TABELA 6	0,0043	4,9
VALOR TOTAL DO LOTE (CRUZEIROS DE 1980)	1,3011	2,2

Logaritmo da verossimilhança:

- em zero $[L(0)] = -336,869$

- nos parâmetros ótimos $[L(B)] = -291,767$

Estatística chi-quadrado = $-2[L(0)-L(B)] = 90,2$

Graus de liberdade = 4

Rho quadrado = 0,1339

Rho quadrado corrigido = 0,1220

Alternativa	Número Escolhendo
Caminhão	191
Ferrovia	295
TOTAL	486

Neste segundo modelo, o coeficiente da variável peso líquido, estimado pelo modelo da Tabela 6, é positivo. Isto não é a expectativa a priori, conforme dito na subseção 4.2.

É interessante notar que o coeficiente da variável distância, proxy do custo de transporte, é aproximadamente seis vezes maior no segundo modelo do que no primeiro. Ou seja, o impacto do custo de transporte na escolha modal é muito maior nos lotes maiores. Isto se dá, sem dúvida, devido ao maior valor unitário do tipo de mercadoria transportada em lotes menores (no caso do segundo modelo, por caminhão), e tem, portanto, um custo de estocagem em trânsito maior. Um efeito semelhante pode ser visto comparando-se os dois coeficientes da variável valor total do carregamento.

4.5. Discussão dos Resultados

Os resultados das estimações acima apresentadas são muito satisfatórios, especialmente considerando-se a natureza dos dados utilizados. Os modelos indicam uma relação íntima entre as decisões de tamanho de lote e modo de transporte, conforme sugerido por modelos teóricos de transporte e logística. O nível de significância da variável tamanho de lote no modelo de escolha modal é evidência estatística da importância desta relação.

Como pode ser visto pelos resultados do modelo de tamanho de lote, a sensibilidade desta variável é bastante reduzida em relação ao valor específico da mercadoria para os modos postal e aéreo, já que estes modos prestam um serviço que enfatiza a rapidez e a confiabilidade. O modo rodoviário mostra-se bem mais sensível, e o ferroviário é o mais sensível de todos.

Os modelos de escolha modal sugerem a importância dos efeitos de custo de transporte, diferenciado por tamanho de lote. Vê-se que nos lotes acima de 30 kg, o fator distância é aproximadamente seis vezes mais oneroso do que nos lotes abaixo deste limite.

5. CONCLUSÃO

A análise dos dados do CIVI, para o município do Rio de Janeiro no ano de 1980, ressalta uma importantíssima constatação, qual seja, a predominância dos pequenos lotes (abaixo de 300 kg) transportados. Como a indústria e o comércio atacadista localizados na cidade são predominantemente de produtos do setor secundário, e a demanda pelos produtos é relativamente dispersa, é natural que os lotes de mercadorias expedidos sejam relativamente pequenos.

Em termos do setor de transporte de carga, os pequenos lotes expedidos pelas firmas cariocas para outras Unidades de Federação implicam que o serviço ofertado deve ter flexibilidade para atingir os mais diversos locais dentro de um prazo e a custo razoáveis. O único modal analisado que atende a esse critério é o rodoviário, o que explica sua predominância na amostra. Implica também, para o transportador do setor rodoviário, a necessidade de consolidar cargas para que possam ser aproveitadas as economias de escala oriundas da combinação de mercadorias com destinos comuns. Essa consolidação resulta numa redução do nível de serviço, que deve ser compensada com um gerenciamento eficiente dos recursos e, especialmente, das operações da empresa do setor de transporte de carga geral.

Essa mesma dispersão geográfica de uma demanda pouco desenvolvida argumenta contra o uso do transporte ferroviário no contexto analisado. A viabilidade do modo ferroviário está preconizada na existência de um volume de tráfego suficientemente grande entre dois locais. Não será através da consolidação de pequenos lotes, suficientes para ocupar um caminhão médio mas não uma composição de vagões, que um serviço ferroviário se tornará viável. A demora adicional da operação de consolidação ferroviária facilmente tornaria o modo inviável para muitos dos setores industriais e comerciais presentes no Rio de Janeiro. Esse é um exemplo de uma tecnologia (neste caso, de transporte) limitada pelo tamanho reduzido do mercado que ela serve.

Os modais aéreo e postal, embora pouco expressivos na amostra, representam serviços especializados que encontram seus "nichos" no mercado de movimentação de carga que busca comprar rapidez e confiabilidade no deslocamento. Esse setor está crescendo signi-

ficativamente com a entrada de novas firmas que operam também no modal rodoviário. Além disso, um serviço flexível e de custo razoável é ofertado pela maioria das empresas de transporte interurbano de passageiros.

Os modelos econométricos de tamanho de lote e escolha modal indicam que estas duas decisões estão interrelacionadas, como seria de esperar. Apesar de algumas deficiências quanto à qualidade dos dados do CIVI para efeito de estimação, os resultados da modelagem foram bastante satisfatórios.

Os modelos desenvolvidos neste estudo, ainda que preliminares, argumentam pela aplicação de recursos para a coleta de dados específicos para estudos de decisões logísticas de empresas. O entendimento do mecanismo e sensibilidade destas decisões e estímulos do sistema econômico (preços relativos, taxa de juros, etc.) e das características do sistema de transporte de carga (infra-estrutura, oferta modal, intermodalismo, ...) é fundamental para a orientação da formulação de políticas de investimento e desenvolvimento de toda a economia do País.

BIBLIOGRAFIA

BALLOU, R.H. Business logistics management. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1973.

CASTRO, N. Substituição entre modo de transporte e armazenagem, e suas implicações. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, 1984/85.

CONSTANTIN, J.A. Principles of logistics management. New York, Appleton-Century Crofts, 1966.

MAGEE, J.F. Physical-distribution systems. New York, McGraw-Hill, 1967.

McCONAUGHY, D. (ed.). Reading in business logistics. Homewood, Richard D. Irwin, 1969.

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 Oleígenos: 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 Curí 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, 77 p.

Nº XXXVI- "Distribuição Intramunicipal de Bens e Serviços: Demanda, Tecnologia de Produção e Potencial de Conservação de Energia", Joffre Dan Swait, Abril 1986, 50 p.

Nº XXXVII- "O Consumo de Energia Elétrica por Veículo de Passageiros", Flávio de Azevedo, Abril 1986, 54 p.

Nº XXXVIII- "O Terceiro Setor e a Análise Comparativa Usando o Método de Joffre Dan Swait, Outubro 1986, 20 p.

Nº XXXIX - "Reavaliação da Política de Incentivos Fiscais aos Investimentos do Proálcool", Léo da Costa, Novembro 1986, 20 p.

Nº XL - "A Demanda por Transportes: Determinantes e Possibilidades", Newton de Castro, Novembro 1986, 33 p.

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).