

TÉXTOS PARA DISCUSSÃO
GRUPO DE ENERGIA

Nº XXII

"Tecnologia, Custos, Capacidade de Carga e Consumo Energético de Veículos no Transporte Rodoviário de Bens".

Newton de Castro

Novembro de 1984

IPEA/INPES
Serv. de
Documentação

Tecnologia, custos, capacidade de
carga e consumo energético



RJF0103/85

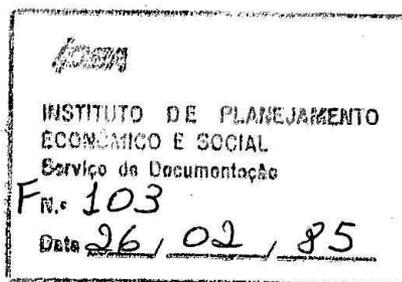
IPEA - RJ

IPEA
09-84

Tiragem: 100 exemplares

Trabalho elaborado em: Junho de 1984

Instituto de Pesquisas do IPEA
Instituto de Planejamento Econômico e Social
Avenida Presidente Antonio Carlos, 51 - 13/17º andar
20020 Rio de Janeiro RJ
Tel: (021) 210-2423



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

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 - <u>Introdução</u>	01
2 - <u>As Características da Produção e Custos no TRB</u>	05
3 - <u>Um Modelo de Escolha de Capacidade do Veículo</u>	11
4 - <u>Comentários e Conclusões Finais</u>	30
<u>Bibliografia</u>	39

TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1 - Elasticidade do consumo de óleo diesel no transporte de manufaturados com relação a diversas políticas.....	02
Tabela 2 - Rendimento energético de caminhões.....	04
Tabela 3 - Formação do custo das empresas de transporte de carga, segundo fontes diversas.....	06
Tabela 4 - Frequência do movimento de lotes consolidados em terminais, em função do peso do lote (Estados Unidos).....	10
Tabela 5 - Ciclo de veículos (dias/ano e % do ano).....	12
Tabela 6 - Custos básico e variável de veículos de carga.	19
Tabela 7 - Custos básicos de veículos: total por item e por tonelada de capacidade de carga útil.....	20
Tabela 8 - Custos variáveis de veículos: total por item e por capacidade de carga útil.....	21
Tabela 9 - Distribuição da frota nacional por tipo de veículo e ofertador (%).	25
Tabela 10 - Distribuição de veículos por especialização....	29
Tabela 11 - Preço real médio de aquisição de veículos novos.....	32

TECNOLOGIA, CUSTOS, CAPACIDADE DE CARGA

E CONSUMO ENERGÉTICO DE VEÍCULOS NO

TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE BENS

Newton de Castro

1 - Introdução

Podemos diferenciar, ceteris paribus, três maneiras básicas de substituição energética nos transportes:

- a) redução dos fluxos de transporte;
- b) transporte por modais com maior rendimento energético; e
- c) aumento do rendimento energético de cada modo.

Na Tabela 1, apresentamos alguns resultados de Roberts et al. (1976) sobre os impactos de várias políticas no consumo energético no transporte de manufaturados nos Estados Unidos. As elasticidades encontradas indicam significativas possibilidades de substituição energética via aumento da capacidade dos caminhões - treminhões, no caso - no transporte rodoviário. Ainda como evidência, apresentamos na Tabela 2 o rendimento médio por litro de óleo diesel de caminhões de fabricação nacional. Neste, o treminhão, com 48 toneladas de capacidade útil de carga, tem rendimento 71% superior ao do caminhão trucado, de 14 toneladas úteis, típico no Brasil.¹

¹ Além da economia de combustível, testes realizados em 1980 apresentaram uma redução de custo operacional de 25%. No entanto, o gerente de operações da empresa que realizou os testes apontou que "os inconvenientes no uso... superavam as conveniências". Além das burocracias legais para obtenção de licença especial de tráfego, este aponta para as subidas prolongadas das estradas brasileiras, que causam maior consumo de combustível e desgaste prematuro da caixa de câmbio, fazendo com que as vantagens iniciais sejam rapidamente eliminadas (cf. Revista BR, 208: 36-7, jan./fev.1984).

Tabela 1 – Elasticidade do consumo de óleo diesel no transporte de manufaturados com relação a diversas políticas

Políticas	Elasticidade
Preço do combustível	-0,04
Treminhões* (40 t de carga)	-0,25
Intermodalismo	0,00
Qualidade do serviço ferroviário	0,00

FONTE: Roberts et al. (1976).

* Sensível à percentagem originalmente transportada por caminhão.

Mais uma vez as evidências parecem indicar que as possibilidades de substituição energética, via equipamento, no transporte rodoviário de bens (TRB), merecem estudo aprofundado. Some-se a tais evidências a significativa participação do modo rodoviário no transporte de bens do País.

Recomendações e ações no sentido de aumentar a capacidade média da frota brasileira não são novidade. Através do Decreto nº 82.925, de 21 de dezembro de 1978, a capacidade máxima de porte bruto (PBT) dos veículos foi aumentada de 40,5 para 45 toneladas. O Decreto nº 88.686, de 6 de setembro de 1983, estabelece e disciplina a concessão de autorização especial para o trânsito de veículos combinados com mais de duas unidades (treminhões). Ainda em 1983, o financiamento de caminhões pesados passou a ser favorecido, nos Estados do Sul e Nordeste, com condições especiais de financiamento, através da FINAME.

Apesar das sugestões e políticas para se incentivar a compra e uso de caminhões mais pesados, pouco se sabe sobre a magnitude dos impactos de tais políticas no consumo energético e, mais importante ainda, no custo total de produção dos serviços de transporte para o País. Os valores apresentados na Tabela 2, por exemplo, assumem o mesmo nível de utilização da capacidade de carga para caminhões de diferentes capacidades. Esta hipótese parece também estar implícita no raciocínio que levou às recomendações até hoje apresentadas. Na realidade, seria leviano pensar que isso se daria na prática. Certas perguntas ficam sem resposta:

- a) Se ofertadores de serviços minimizam custos, por que suas escolhas de equipamento não seriam ótimas?
- b) Caso não o fossem, deveria o Governo intervir no mercado? Como?
- c) Quais seriam os impactos das possíveis políticas alternativas?

Quando vemos a gama de veículos de carga que circulam pelas estradas brasileira — de uma a 48 toneladas de capacidade útil —, intuimos que as respostas às perguntas acima não são triviais. Este trabalho apresenta algumas reflexões sobre a questão da escolha dos equipamentos no TRB. Tentaremos dar um pequeno passo na direção de responder quais são os determinantes dessa escolha e, assim, fazer algumas considerações sobre os impactos políticos governamentais que possam atuar sobre ela.

Concentramos o estudo na análise da movimentação de carga entre um par de origem/destino. No modelo desenvolvido não serão consideradas as atividades de coleta/entrega e de terminais.

A modelagem da estrutura de produção baseia-se em relações técnicas estáveis e características do processo produtivo. O aspecto temporal da produção de serviços de transporte, fundamental quando a função de produção incorpora a utilização de bens de capital, é intro-

Tabela 2 – Rendimento energético de caminhões

	PBT (t)	Capacidade de carga útil (t)	Consumo de die- sel (km/ℓ)	tkm úteis por litro	Índice
Caminhão trucado	22	14	3,0	42	100
Carreta comum	40,5	26	2,0	52	124
Treminhão	73	48	1,5	72	171

FONTE: Revista BR, 208, jan./fev. 1984.

duzido no modelo da estrutura de produção via detalhamento do ciclo de veículo, isto é, do desempenho deste na sua trajetória anual e operacional.

Admitiremos a hipótese de separabilidade das atividades de coleta/entrega, terminais e administrativas com relação à atividade de transporte entre terminais. Assim, é possível definir, através de um problema de minimização de custo, as equações comportamentais da firma quanto à escolha de veículo para esta última atividade.

Na próxima seção discutimos alguns aspectos importantes da produção de serviços de transporte e seus custos. Segue-se

a apresentação do modelo básico utilizado na análise. Os dados e resultados da estimação empírica são então discutidos e confrontados com algumas evidências empíricas. Finalizamos com uma revisão das principais conclusões e fazendo algumas recomendações para estudos posteriores.

2 - As Características da Produção e Custos no TRB

As operações típicas de uma empresa de transporte são:

- a) coleta e entrega de mercadorias nas regiões metropolitanas;
- b) movimentação, consolidação e desconsolidação de lotes de mercadorias nos terminais;
- e c) movimentação entre terminais. Lotes inteiros, isto é, aqueles cuja movimentação entre terminais não é feita juntamente com lotes de diferentes consignatários, são usualmente carregados na plataforma do remetente e movimentados diretamente para o local de destino, indicado pelo consignatário. Essas três operações constituem, de fato, tecnologias tão distintas que, muitas vezes, tanto a operação de coleta e entrega quanto a de movimentação entre terminais são subcontratadas a empresas independentes ou transportadores autônomos pela empresa de transporte responsável pelo serviço.

As tarefas administrativas de uma empresa de transporte não são desprezíveis. Embora as operações individualmente sejam simples, as dificuldades de controle e planejamento crescem geometricamente com o volume de lotes, dispersão da malha de transporte, etc. Já foi observado por empresários do setor que um processamento eficiente da informação (dados e documentos) é tão importante para o sucesso de uma empresa de transporte quanto o uso eficiente dos equipamentos e terminais. Melhor dizendo, a eficiência de ambas as atividades são simultaneamente determinadas.

Dando suporte às operações de transporte e em terminais propriamente, há uma variedade de funções secundárias: determinação de tarifas; despacho; seguros e processos de avarias; manutenção e cobrança; vendas e marketing. Para se ter uma idéia da participação relativa dos diversos itens de custo na formação do custo total de uma empresa de transporte, apresentamos na Tabela 3 a formação

Tabela 3 – Formação do custo das empresas de transporte de carga, segundo fontes diversas

Item de custo ^a	%	Item de custo ^b	%
a) Transportador comercial autônomo (carreteiro)	34,0	a) Salários e encargos sociais	30,2
		- motorista	10,1
		- oficinas	4,2
		- escritório e armazéns	15,9
b) Material	23,6	b) Capital do veículo	17,2
		- reposição	7,3
		- remuneração	6,7
c) Mão-de-obra	19,4	- seguros	6,2
		c) Combustível	15,2
		d) Materiais e outros	12,7
d) Energia (combustível)	13,5	- peças, acess., mat., manut.	5,8
		- óleos, graxas, lavagens	1,4
		- outros	5,5
e) Capital	9,5	e) Lucro da empresa	11,2
		f) Pneus, câmaras e Recauch.	8,1
		g) Aluguéis de edificações	5,4

^a Apurado por Rezende (1984), a partir de dados do IBGE (1979).

^b Apurado pela Associação Nacional das Empresas de Transporte Rodoviário de Carga (NTC) (Conjuntura Econômica, 38 (2), fev.1984).

Transferência entre terminais por veículo MBB 1113/48 trucado, furgão, 22% de ociosidade e percurso de 800 km. O lucro da empresa é suposto em 12,49% sobre o custo total por tonelada (preços de janeiro de 1984).

dos custos das Empresas de Transporte Comercial (ETC) no Brasil, segundo dados do IBGE e da Associação Nacional de Empresas de Transporte Rodoviário de Carga (NTC).

O primeiro ponto importante a notar é a significativa participação do item mão-de-obra, que, a partir dos dados do IBGE (1979), representa 19,4% do custo total. Comparando com a participação obtida a partir dos dados da NTC (30,2), podemos notar que os custos nestes item passam ao item de Transportador Comercial Autônomo (TCA), quando este executa o transporte.² Nos Estados Unidos, a participação do item mão-de-obra, nos custos operacionais já atinge 60% nas empresas de transporte rodoviário de carga [Meyer (1984)].

Outro aspecto importante que caracteriza o setor de TRB é que as despesas operacionais respondem pela maior parte do custo total. A razão entre despesas operacionais e receitas, em alguns casos, pode ir à casa dos 95%. Este fato, associado a um mercado competitivo, faz com que as empresas operem com margens de lucro bastante vulneráveis às flutuações de demanda e de custos — pequenas variações nestes podem levar a perdas consideráveis. Este ponto enfatiza a importância do transportador autônomo (TCA) para o setor, pois é através dele que as empresas (ETC) podem substituir os custos fixos de manter uma frota própria de caminhões, para suprir todas as suas necessidades, por custos variáveis, comprando parte ou toda a capacidade necessária dos autônomos no mercado.³

²As possibilidades de substituição entre os insumos da produção de serviços no TRB são analisadas e quantificadas em Rezende (1984).

³Conforme afirma um executivo do setor: "O carreteiro é o melhor leasing que existe. São pagamos quando produz e, feito o pagamento, acabaram-se nossas responsabilidades. Não há problema de administração, manutenção e pessoal e, ainda por cima, tem custo 10% menor" (cf. Transporte Moderno, 142, set. 1975, p.27).

Os custos operacionais do transporte são divididos, em parte aproximadamente iguais, entre os custos indiretos e diretos. Os primeiros incluem seguros, depreciação e remuneração do capital do veículo, motorista e mecânicos. Os custos variáveis são os de combustível, peças, pneus e lubrificantes. A denominação custo in direto, no caso, fica por conta da maior dificuldade de alocação de um componente de custo a uma viagem ou lote de carga, especificamente. Não são propriamente fixos, uma vez que a frota e a mão-de-obra em uma empresa podem ser alteradas com relativa rapidez.

Os custos indiretos do transporte são rateados por ca da unidade de serviço produzida em função da quilometragem média dos veículos, a qual, por sua vez, é determinada por inúmeros fatores endógenos e exógenos à empresa. Entre os exógenos, podemos citar o tipo de via, as condições de tráfego, as restrições legais, etc. En tre os endógenos, temos o tipo de operação — um motorista, dois moto rista se revezando, ou tipo "ponte", com troca de motoristas em pontos determinados —, tempo de carga e descarga, velocidade de cruze ro em função da potência do veículo, etc. Note-se que as variáveis acima podem ou não ser classificadas como endógenas ou exógenas em função do tipo de serviço ou do problema analisado. Por e xemplo, no transporte de lotes inteiros, a velocidade de carga e descarga é determinada, em grande parte, pelas instalações do remete nte e do consignatário (e. g., derivados de petróleo, boi em pé, etc.). Via de regra, uma vez escolhido um mercado especializado (e. g., cargas líquidas, animais vivos, etc.) e uma área de atuação de marketing e vendas (e, conseqüentemente, a malha de transporte), a empresa sô poderá alterar a quilometragem mensal dos veículos através de medidas operacionais ou alterando-lhes a potência. O tem

po das operações de carga e descarga também é, via de regra, apenas uma fração relativamente pequena do ciclo do veículo no transporte interurbano. Alterações significativas neste tempo, quando sob controle da empresa de transporte, são preponderantemente função dos custos de movimentação nos terminais (principalmente na carga geral). Assim, poderíamos supor que, uma vez definido o tipo de produto, o mercado, a malha de transporte e os usuários, o nível de utilização do veículo já estaria razoavelmente determinado.

Outra dimensão de escolha das firmas de transporte que influencia significativamente os custos é a capacidade do veículo. Na literatura de transportes, todos os estudos sobre custos são unânimes em observar, ceteris paribus, a diminuição dos custos unitários de transporte com o aumento da capacidade do veículo, o que pode ser explicado pelas economias de tamanho encontradas na construção de veículos para todos os modais. A própria operação de consolidação de lotes de carga fracionada, em terminais, é uma forma de se substituir os custos de transporte por custos de terminal. Por exemplo, ao invés de se transportar dois lotes de 12 toneladas, cada um num caminhão de igual capacidade, pode-se consolidá-los e transportá-los em um só caminhão de 24 toneladas. Tal substituição seria desejável se a redução nos custos de transporte, via utilização de um caminhão de maior capacidade, fosse suficiente para compensar os custos adicionais de coleta/entrega, movimentação em terminais e consolidação. Vemos, então, que o tamanho dos lotes de carga é fundamental na explicação da movimentação de cargas em terminais e, conseqüentemente, da capacidade dos veículos utilizados (ver Tabela 4). O tamanho dos veículos é, portanto, determinado basicamente em

função de produto, volume total movimentado, formas de comercialização, etc., isto é, características da demanda por serviços.

Tabela 4 – Frequência do movimento de lotes consolidados em terminais, em função do peso do lote (Estados Unidos)

Intervalo de peso do lote (ton.)	Porcentagem de lotes consolidados
0 - 1	92,3
1 - 3	67,0
3 - 5	34,0
5 - 9	10,5
> 9	2,6

FONTE: Meyer et al. (1959).

Até que ponto que as diferenças de custo operacional dos veículos de diversas capacidades de carga influenciam na escolha entre equipamentos? Se o custo unitário operacional do veículo de maior capacidade é menor, ceteris paribus, por que todos os veículos não são o "maior possível"? Tentaremos responder a essas perguntas na seção que se segue.

3 — Um Modelo de Escolha de Capacidade do Veículo

Para dissecar a complexidade da produção de serviços de transporte, de forma a poder analisar a escolha de capacidade de veículos por empresas, começaremos pelo estudo do ciclo do veículo, examinando o desempenho deste ao longo de sua trajetória operacional. O entendimento da anatomia da movimentação dos veículos no tempo nos dará os subsídios necessários para a especificação de um modelo de custo operacional do TRB.

O ciclo de veículo num período de tempo pode ser dividido em três componentes básicos: tempo em serviço (t_s); tempo em manutenção (t_m); e tempo não-operacional (t_n). Para um período de um ano e os tempos medidos em dias, por exemplo, teríamos a seguinte identidade:

$$t_s + t_m + t_n \equiv 365$$

O tempo em serviço inclui todos os períodos em que o veículo está engajado na provisão de transporte. Seus subcomponentes podem ser identificados como:

- a) tempo de posicionamento despendido entre as bases de manutenção ou de estacionamento e as de operação;
- b) tempo de viagem carregado/descarregado;
- c) tempo de carga e descarga;
- d) tempo de serviço operacional despendido em serviço de abastecimento, limpeza, pequenos reparos, mudança ou descanso do(s) motorista(s), ou classificação e processamento da composição (para veículos com mais de uma unidade componente; e
- e) tempo parado em serviço aguardando que seja iniciada alguma das atividades relativas aos tempos acima.

O tempo de manutenção é aquele destinado a manter o veículo operacional, com manutenção de rotina ou reparos de avarias. O restante do tempo do ano é o não-operacional e completa o ciclo do veículo.

Para se ter idéia da ordem de grandeza desses tempos, apresentamos alguns dados do TRB e do transporte marítimo de carga geral na Tabela 5.

Tabela 5 - Ciclo de veículos (dias/ano e % do ano)

Caminhão ^a (TRB)		Navio ^b (Carga geral/longo curso)	
1) Tempo viajando e em carga e descarga ^c	117 (32%)	1) Tempo viajando	165 (45%)
2) Tempo ocioso em serviço ^d	163 (45%)	2) Tempo em carga e descarga	175 (48%)
3) Tempo de manutenção e não-operacional ^e	85 (23%)	3) Tempo de manutenção e não-operacional	25 (7%)
Total	365	Total	365

^aElaboração a partir de dados da NTC (Conjuntura Econômica, 38 (2), fev. 1984).

^bElaboração a partir de dados da UNCTAD (1969). Valor médio - varia com a rota, a mercadoria, etc.

^cEstimado em seis horas por viagem.

^dSupondo um motorista dirigindo 10 horas/dia.

^eSupondo 23 dias de operação por mês.

Se mantivermos constante a velocidade de cruzeiro do veículo, o tipo de mercadoria, a rota, a operação e o nível de serviço oferecido, podemos simplificar os tempos do ciclo do veículo associando a quantidade de tempo operacional, em um período, ao número de viagens realizadas pelo veículo neste período. Da mesma forma, podemos associar um tempo não-operacional a cada viagem, visto que estamos mantendo constante as características do mercado, a operação, etc.

Passemos agora aos custos associados ao ciclo do veículo. Em princípio, temos um custo básico por veículo para mantê-lo operacional e, em seguida, um custo que varia em função da utilização do veículo. Mantendo constantes outros fatores, como os mencionados no parágrafo anterior, podemos admitir que o custo básico depende somente da capacidade de carga útil e que o custo variável depende também desta capacidade e da utilização do veículo. Teríamos então:

$$TC = N (C_b + G.D.C_v)$$

onde:

TC = custo total operacional da empresa por mês;

N = número de veículos;

C_b = custo básico por veículo-mês;

G = número de viagens/mês;

D = distância do percurso; e

C_v = custo variável por veículo.km.

Vamos admitir que o mercado é suficientemente grande em relação à empresa, não impondo assim restrições a seu tamanho.

O mercado é competitivo e a empresa faz, então, sua decisão de quanto produzir de serviços de transporte sem restrições de tamanho de mercado. As decisões restantes são escolher a capacidade do veículo ótimo e a quantidade deste veículo para a operação. Graças à linearidade da função de custo total, TC, em função do número de veículos, podemos derivar as equações de comportamento da empresa através do subproblema de minimização de custo, sujeito a uma restrição de quantidade a produzir. Caso TC não fosse linear, teríamos que derivar tais equações do problema de maximização de lucro. Assim, temos:

$$\text{Min TC sujeito a } Q = N.G.D.H$$

$$N, H$$

onde:

Q = quantidade de serviço a produzir em tkm por mês; e

H = capacidade de carga útil do veículo.

O Lagrangeano assim formado permite a derivação das equações de comportamento:⁴

$$L(N, H, \lambda) = TC + \lambda (Q - N.H.G.D)$$

$$L_N = C_b + C_v.D.G - \lambda.H.G.D = 0$$

$$L_H = N \left(\frac{dC_b}{dH} + \frac{dC_v}{dH} D.G + C_v.D.\frac{dG}{dH} \right) - \lambda.N.D (G + H.\frac{dG}{dH}) = 0$$

$$L_\lambda = Q - N.H.G.D = 0$$

onde λ é o multiplicador de Lagrange.

⁴Pressupomos as condições de segunda ordem satisfeitas.

Resolvendo o sistema acima para a equação comportamental L_H , temos:

$$C_b (\epsilon_b - 1 - \epsilon_g) + G.D.C_v(\epsilon_v - 1) = 0$$

onde:

ϵ_b = elasticidade de C_b com relação a H ;

ϵ_v = elasticidade de C_v com relação a H ; e

ϵ_g = elasticidade de G com relação a H .

Essas elasticidades traduzem as influências da capacidade útil do veículo nos custos básico e variável e no número de viagens (utilização) por mês, respectivamente. Assim, se pudermos especificar uma forma funcional para as funções de custo e utilização em função de H , e estimá-las, poderíamos determinar o veículo ótimo para as condições especificadas no problema.

Estudos de custo de veículos, tanto no modal rodoviário quanto em outros modais, mostram que formas exponenciais são as mais adequadas para expressar relações entre o custo operacional unitário de um veículo e sua capacidade. Assim, teríamos:

$$C_b = a H^b$$

$$C_v = c H^d$$

onde a , b , c e d seriam parâmetros a estimar.

Supondo a mesma forma funcional para a influência da capacidade (H) na utilização (G) do veículo, ($G=f.H^g$), e substituindo na equação comportamental obtida em L_H , obtemos:

$$H^* = \left[\frac{D(d-1)c.f}{(1+g-b)a} \right]^{\frac{1}{b-g-d}}$$

Na equação acima, temos:

$$a, b, c, d, f, D > 0$$

$$g < 0.$$

Cabe comentar que era esperado um g negativo, pois veículos de maior capacidade levam, em média, mais tempo em operações de carga e descarga, e também mais tempo esperando consolidar lotes para sua capacidade de carga. Assim, esses veículos fariam um número menor de viagens, ceteris paribus. Os demais parâmetros e variável (D) são claramente positivos. É curioso notar que veículos de maior capacidade geralmente têm maior utilização, isto é, rodam mais por mês. Este fato, no entanto, não é inconsistente com o sinal esperado para g (negativo) porque no modelo estamos mantendo as condições de operação constantes, ou seja, rota, tipo de via, tamanho médio dos lotes, frequência de chegada dos lotes, etc.

Devido às economias de tamanho, esperamos tanto b quanto d menores que a unidade:

$$b, d < 1$$

Desta forma, impondo a restrição de se obter uma solução real positiva para H^* , temos:

$$\frac{D(d-1)c.f}{(1+g-b)a} > 0$$

Como $d < 1$, temos obrigatoriamente que:

$$1 + g - b < 0$$

ou

$$g < b - 1$$

Usando a inequação acima para examinar o sinal do expoente, temos:

$$d < 1;$$

$$b - g - d > b - g - 1 > 0$$

Logo, o expoente da expressão é positivo. Assim sendo, o tamanho ótimo do veículo varia diretamente com:

- a distância a percorrer D;
- o aumento nos custos variáveis em igual proporção para todos os tamanhos de veículo (parâmetro c); e
- o aumento também proporcional na utilização (parâmetro f);

Por outro lado, o tamanho ótimo do veículo diminui com:

- o aumento no custos básicos em igual proporção para todos os tamanhos de veículos (parâmetro a).

A influência dos parâmetros que fornecem as elasticidades de custo e utilização, com relação ao tamanho do veículo (b, d, g), é variável com a magnitude relativa destes.

Na Tabela 6, apresentamos os custos básicos e variável de seis veículos, com capacidade de carga útil variando entre uma e 25 toneladas.

A partir dos dados apresentados na Tabela 6, estimamos as funções de custo especificadas, obtendo:

$$\ln C_b = 13,46 + 0,33 \ln H$$

(t=7,42)

$$n = 6 (r = 0,97)$$

$$\ln C_v = 4,14 + 0,52 \ln H$$

(t=11,54)

$$n = 6 (r = 0,99)$$

Pode-se notar substanciais economias de tamanho para a amostra considerada na Tabela 6. Ajustando a mesma especificação funcional para uma amostra composta apenas dos três caminhões maiores (12, 18 e 25t), temos:

$$\ln C_b = 12,34 + 0,72 \ln H$$

(t=13,65)

$$n = 3 (r = 0,9973)$$

$$\ln C_v = 2,84 + 0,97 \ln H$$

(t=82,95)

$$n = 3 (r = 0,9999)$$

Notamos que as economias de tamanho são menos pronunciadas para a amostra mais homogênea usada acima (n=3), sendo o custo variável por veículo-quilômetro quase linear (d = 0,97).⁵

É conveniente analisar mais detidamente a estrutura de custo dos três caminhões usados acima, típicos nas estradas brasileiras (MBB 1113/48 trucado; LS 1519 c/carreta de dois eixos; e Scania T-112 MA c/carreta de três eixos). Apontamos primeiro para o fato de que, embora as economias de tamanho para o custo básico dessa a

⁵ Para esta amostra, o valor crítico da estatística $t_{95\%}$ com apenas 1 grau de liberdade é 6,314. É importante ressaltar que este teste já leva em consideração os graus de liberdade do erro da regressão (g.l.=1), quando do cálculo do estimador não-tendencioso da variância do erro ($s^2 = (\sum \hat{u}_i^2) / g.l.$).

Tabela 6 - Custos básico e variável de veículos de carga

Veículo	Capacidade de carga útil (ton.)	C_b (veíc.-mês)	C_v (veíc.-km)
1) Kombi VW furgão diesel	1,0	765.068	65,68
2) MBB L-608-D furgão diesel	3,5	982.256	119,28
3) MBB 1113/48 toco furgão	6,0	1.240.883	164,18
4) MBB 1113/48 trucado furgão	12,0	1.367.118	190,75
5) MBB L-1519 cavalo mec.c/ST de dois eixos	18,0	1.894.661	280,36
6) Scania T-112-MA cavalo mec.c/ST de três eixos	25,0	2.320.938	388,21

FONTE: Revista BR, 208. Custos em 10 de janeiro de 1984.

mostra sejam pronunciadas ($b = 0,72$), elas advêm não da redução do custo de aquisição do veículo com o tamanho, mas sim do rateio do custo básico de salários de motorista e oficinas por um maior número de toneladas de capacidade. Na Tabela 7 apresentamos os itens que compõem os custos básicos desses três veículos, tanto total como por tonelada de capacidade. O custo de aquisição e reposição do veículo por tonelada de capacidade é aproximadamente constante (= 51.000 por veículo-mês-tonelada). Por outro lado, os salários e encargos de motorista e oficina caem significativamente por tone

lada de capacidade, passando de 51.000 para 32.700 cruzeiros (MBB 1113 e Scania T-112 MA, respectivamente).

Tabela 7 - Custos básicos de veículos: total por item e por tonelada de capacidade de carga útil

Item de custo	Custo total por veículo-mês (Cr\$)			Custo por veículo-mês por tonelada de capacidade (Cr\$)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Aquisição e reposição de capital de veículo	611.923	906.268	1.291.422	50.994	50.348	51.657
Salários e encargos do motorista e oficina	612.124	817.430	817.430	51.010	45.413	32.697
Licenciamento e seguros	143.071	170.963	212.086	11.923	9.498	8.483
Total	1.367.118	1.894.661	2.320.938	113.927	105.259	92.838

FONTE: Revista BR, 208. Custos em 10 de janeiro de 1984.

(1) MBB 1113/48 trucado, furgão, 12t de capacidade.

(2) MBB LS-1519 c/carreta de dois eixos, 18t de capacidade.

(3) Scania T.112-MA c/carreta de três eixos, 25t de capacidade.

Na Tabela 8 apresentamos a discriminação dos custos variáveis dos mesmos veículos: total por item e por tonelada. De um lado, temos o custo por capacidade dos itens combustível, peças, a

Tabela 8 – Custos variáveis de veículos: total por item e por capacidade de carga útil

Item de custo	Custo variável por veículo-quilômetro			Custo variável por veículo-quilômetro/tonelada de capacidade		
	(Cr\$)			(Cr\$)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Peças, acessórios e material de manutenção	36,16	53,48	72,86	3,01	2,97	2,91
Combustível	93,75	117,65	157,89	7,81	6,54	6,32
Pneus, câmaras e recauchutagem	52,21	98,25	144,13	4,35	5,46	5,77
Óleos, graxas e lavagem	8,63	10,98	13,33	0,73	0,61	0,53
Total	190,75	280,36	388,21	15,90	15,58	15,53

FONTE: Revista BR, 208. Custos em 10 de janeiro de 1984.

(1) MBB 1113/48 trucado, furgão, 12t de capacidade.

(2) MBB LS-1519 c/carreta de dois eixos, 18t de capacidade.

(3) Scania T-112 MA c/carreta de três eixos, 25t de capacidade.

cessórios, materiais de manutenção, óleos, graxas e lavagens diminuindo com o aumento da capacidade do veículo. Destes, o mais importante é o de combustível, dada a sua maior participação no custo total: cai de 7,81 para 6,32 cruzeiros, ou seja, 19%. De outro lado, o custo de pneus, câmaras e recauchutagens por veículo-quilôme-

tro-tonelada de capacidade cresce de 4,35 para 5,77, ou seja, 33%. O custo variável total por tonelada de capacidade, por sua vez, cai ligeiramente com o aumento da capacidade do veículo, conforme também já foi previsto pelo valor encontrado para o expoente da equação do custo variável ($d = 0,97$, para $n = 3$).

As Tabelas 7 e 8 mostram-nos que, excluídos os custos de mão-de-obra do motorista e da oficina, os custos operacionais variam linearmente com a capacidade de carga do veículo, ou seja, o custo unitário por capacidade de transporte é constante, ceteris paribus. As economias no uso de veículos maiores podem advir, no entanto, do fato de o custo da mão-de-obra (motoristas e oficinas) ser invariante com o tamanho do veículo.

Usando o resultado obtido para a imposição da restrição de solução real para H^* , temos:

$$- g > 0,67 \quad (n=6)$$

$$- g > 0,28 \quad (n=3)$$

Estes resultados revelam que, para o caso de veículos menores, com economias de tamanho nos custos básicos mais acentuadas ($b=0,33$), estes são escolhidos como solução ótima quando o impacto do tamanho da utilização é mais significativo ($0,67 > 0,28$). O caso crítico seria se b fosse zero, isto é, o tamanho dos veículos não teria impacto algum sobre os custos básicos. Neste caso, a elasticidade $-g$ teria que ser maior que a unidade, isto é, aumentos no tamanho do veículo seriam anulados por uma diminuição proporcional na utilização.

A equação comportamental L_H pode ser reescrita como:

$$C_b (b-1-g) + G^* . D . C_v (d-1) = 0$$

ou:

$$G^* . D = \frac{C_b . 1 + g - b}{C_v (d-1)}$$

O termo da esquerda é a utilização do veículo ótimo, em tkm, no equilíbrio, para um determinado percurso. Por outro lado, a razão C_b/C_v varia entre 8.235 e 5.979 para os veículos da nossa amostra de 3,5 e 25 toneladas, respectivamente. Estes valores são comparáveis com os da utilização média, em tkm, dos veículos no transporte rodoviário interurbano de carga. Assim, podemos aproximar o valor da razão das elasticidades:

$$\frac{1 + g - b}{d-1} = 1$$

Usando esta aproximação na expressão obtida para H^* e os valores encontrados para os parâmetros nas equações de custo ($n=3$), obtemos:

$$H^* = \left[\frac{D \cdot f}{e^{9,5}} \right]^{0,06}$$

Devido à forma exponencial e ao valor do expoente da expressão, a solução de H^* é bastante sensível a pequenas variações nos parâmetros. Por exemplo, para ($D = 1.000$, $f = 15,717$), temos

$$H^* = 15,0$$

Já para uma pequena variação em $f = 16,000$, temos:⁶

$$H^* = 20,2$$

— Análise dos resultados

I) Vamos supor que, para um determinado grupo de transportadores, o capital seja mais escasso, o que se traduziria no modelo em termos de um valor maior para os parâmetros b e/ou a. O impacto do maior custo de capital traduzir-se-a em termos da escolha de um veículo menor.

Uma das prováveis causas de variações no preço relativo do capital é o tamanho da firma. Em princípio, firmas maiores têm menores custos de transação com o mercado, isto é, o custo unitário de transação de um transportador autônomo para aquisição de um caminhão é maior que o de uma transportadora de maior porte para aquisição de uma frota.

Somado a um possível custo de capital mais elevado, as firmas menores também são, via de regra, mais avessas ao risco. As razões podem ser várias, como, por exemplo, uma base de capital e atividades pequenas demais para diversificar, o que também pode ser traduzido em termos de uma menor remuneração do capital das firmas de menor porte, em especial o transportador autônomo. Em outras palavras, este estaria disposto a pagar um prêmio de seguro maior por cada unidade marginal de capital investido, reduzindo comparativamente seu lucro esperado.

⁶Esses resultados numéricos são apenas ilustrações, uma vez que o modelo não tem como objetivo a obtenção de H^* , mas sim a análise dos fatores que o influenciam.

Por outro lado, existe potencialmente mais risco para o financiador de um transportador autônomo do que para o de uma firma de maior porte. Isto também implicaria maiores taxas de financiamento (spreads), ou seja, um maior custo de capital para firmas menores.

De fato, os dados agregados da frota nacional indicam que as empresas (ETC) detêm uma maior proporção de cavalos mecânicos que de caminhões, com o inverso ocorrendo relativamente aos transportadores autônomos (Tabela 9).⁷

Tabela 9 – Distribuição da frota nacional por tipo de veículo e ofertador (%)

Tipo de Veículos	ETC	ECP	TRA	Outros	
Caminhões	14	40	36	10	100
Cavalos mecânicos	49 ^a	23	19	9	100
Comerciais leves	6	71	13	10	100

FONTE: DNER/RTRC (1981).

^a56,3% em 1983 (Revista BR, 204, p. 14).

⁷Em razão da crise econômica dos últimos anos, os investimentos dos transportadores autônomos diminuíram ainda mais. Segundo a Mercedes-Benz, antes de 1981 o autônomo representava 40% de suas vendas na faixa com mais de 11 PBT (excluindo os fora-de-estrada) e atualmente representa menos de 10%. Para a Volvo, o autônomo está fora do mercado de pesados novos nos dias de hoje, mas compra no mercado de usados (cf. Gazeta Mercantil, de 30 de julho de 1984).

É importante notar que os transportadores autônomos são utilizados mais intensamente em rotas mais longas, em substituição à frota própria [cf. Rezende (1984)]. São em rotas mais longas (D maior) que, ceteris paribus, o veículo ótimo também seria maior.

As conclusões preliminares apresentadas acima têm implicações para a eficiência econômica do TRB e para o consumo de óleo diesel. As fricções de mercado e incertezas, que ocasionam um maior custo de capital para o autônomo, podem ser encaradas como uma falha de mercado (market failure). Espaço se abre, então, para alguma forma de atuação governamental, visando a minimizar estas falhas, o que deveria ocorrer de forma a aumentar o nível de informação e transparência do mercado. As informações seriam tanto sobre oferta, demanda e preços de serviços contratados (como fazem as Centrais de Informação de Fretes), ajudando na formação de preços e estabilização do mercado, quanto sobre a manutenção de cadastro de empresas e autônomos, facilitando a obtenção de referências pelos financiadores e seguradores.

Cabe ressaltar, porém, que as soluções do tipo taxas de juros subsidiadas, para compra de veículos pesados, podem não resolver o problema, pois não atuam sobre suas causas. Assim, o mais provável é que acabem beneficiando grupos que não os inicialmente pretendidos.

II — Um outro ponto fundamental ressaltado pelo modelo e que merece discussão é o balanceamento entre tamanho de veículo e custo, de um lado, e a frequência e o nível de serviço, de outro. O aumento do tamanho do veículo ótimo envolve simultaneamente uma diminuição de frequência de viagens e/ou uma expansão da produção de

serviços. Em outras palavras, um aumento no tamanho dos veículos, ceteris paribus (quanto ao nível de serviço), só é possível, através de um aumento do volume de serviços produzidos. Isto seria possível, por exemplo, por meio de uma maior participação da empresa no mercado (market share) e/ou uma expansão do mercado. Essa linha de raciocínio pode ajudar a explicar dois fenômenos: a) a tendência à concentração no setor de transporte rodoviário de carga no Brasil atualmente, evidenciada pelo crescimento no perfil de tamanho das ETC, acordos operacionais entre empresas (mergers), etc.; e b) a menor utilização de caminhões pesados no Brasil do que em países com maior densidade de fluxos. Ou seja, as empresas, através de crescimento, tentam tornar suas rotas mais densas e explorar mais intensivamente as economias de tamanho proporcionadas por veículos maiores, sem alterar seu nível de serviço. Por outro lado, a expansão do mercado de uma forma global também propicia que as empresas possam explorar tais economias de densidade, ceteris paribus. A expectativa de maior concentração das ETC, com a expansão do mercado, e as limitações à escolha de veículos maiores por parte dos transportadores autônomos, discutidas anteriormente, têm profundas implicações para a evolução da estrutura do mercado de oferta no TRB, principalmente quanto à sobrevivência dos autônomos a longo prazo. Isto é, com o desenvolvimento do potencial de economias de densidade/tamanho de veículo, seria interessante que também os autônomos tivessem acesso facilitado a caminhões mais pesados. Caso contrário, a concentração do setor poderá ter efeitos perniciosos à eficiência do mesmo, com a redução da contestabilidade (contestability) no mercado do TRB [ver Baumol, Panzar e Willig (1982)].

Conforme vimos na estimação dos modelos de custo básico, as economias de tamanho são mais significativas na faixa dos veículos de menor porte (até 12 toneladas de capacidade), o que implica um menor valor para b e, conseqüentemente, um valor para g , no equilíbrio, também menor (maior em módulo), uma vez que:

$$-g^* > 1 - b$$

Para $b = 0,33$ estimado para o modelo com $n = 6$, teríamos $-g > 0,67$. Em termos práticos, podemos traduzir este resultado concluindo que o impacto na utilização ou no nível de serviço do tamanho do veículo é tão maior, no equilíbrio, quanto menor for o veículo ótimo. Em outras palavras, veículos de menor capacidade, quando ótimos, operam em mercados cujas características tornam um aumento de capacidade de carga inaproveitável, ceteris paribus. Nessa faixa de operação, o balanceamento entre o aumento de capacidade do veículo — com ganhos advindos das substanciais economias de tamanho existentes e a conseqüente redução da frequência de despachos — e a manutenção do nível de serviço (frequência) é relativamente mais importante.

O balanceamento entre o tamanho de veículo e o nível de serviço, dadas determinadas condições como tipo de mercadoria, tamanho de lote, etc., é evidenciado na Tabela 10. Nas especialidades de transporte onde predominam lotes relativamente menores (e. g., carga geral, encomendas), o uso de veículos relativamente maiores só é possível com menor qualidade de serviço. Com isso, encontramos nestas especialidades, ceteris paribus, veículos menores, e vice-versa.

Tabela 10 - Distribuição de veículos por especialização

Especialização	Marca	Eixos	Tipo ^a	Quantidade	%
Carga geral	MBB-1113	3	C	53.558	12,8
	Chevrolet 60	2	C	40.573	9,7
	MBB-1113	2	C	27.222	6,5
	MBB-608	2	C	23.478	5,6
	Outras	-	-	273.340	65,4
	Total			418.171	100,0
Itinerante	MBB-608	2	C	3.788	9,4
	Chevrolet 60	2	C	3.551	8,8
	MBB-1113	3	C	3.401	8,4
	MBB-1113	2	C	1.757	4,4
	Outras	-	-	27.803	69,0
	Total			40.300	100,0
Encomendas	MBB-1113	3	C	21.124	14,8
	Chevrolet 60	2	C	11.353	8,0
	MBB-1113	2	C	11.322	7,9
	MBB-608	2	C	7.828	5,5
	Outras	-	-	91.159	63,8
	Total			142.786	100,0
Cargas líquidas a granel	Scania 110	2	CM	1.168	16,2
	Scania 111	2	CM	574	7,9
	Fiat 190	2	CM	515	7,1
	MBB-1519	2	CM	465	6,4
	Outras	-	-	4.519	62,4
	Total			7.241	100,0
Produtos siderúrgicos	Scania 110	2	CM	679	27,3
	Scania 111 S	2	CM	302	12,1
	Scania 111	2	CM	213	8,5
	Fiat 190	2	CM	198	7,9
	Outras	-	-	1.104	44,2
	Total			2.496	100,0
Gás liquefeito	Scania 110	2	CM	288	25,1
	Scania 140	2	CM	143	12,5
	Fiat 190	2	CM	128	11,2
	Scania 111	2	CM	114	9,9
	Outras	-	-	473	41,3
	Total			1.146	100,0

FONTE: DNER/RTRC (1982).

^aC: caminhão; CM: cavalo mecânico.

É curioso notar a participação significativa dos veículos de menor porte (caminhões leves e comerciais leves) na frota das empresas de carga própria (ECP), na Tabela 9. Uma das razões mais citadas na literatura para integração vertical (no caso das ECP na produção de transporte) é exatamente uma maior demanda relativa por qualidade de serviço, segurança quanto à disponibilidade de serviços, etc., e, portanto, o uso de veículos relativamente menores. Por que uma empresa exclusivamente de transporte não poderia prestar um serviço com os mesmos atributos? Uma possível explicação, uma vez que o controle do serviço de transporte passa para outra em presa, seria o fato de haver possibilidades de menor nível de comunicação entre as partes e de deterioração do nível de serviço, e também de comportamento oportunista da transportadora, explorando as economias de tamanho do veículo com sacrifício da qualidade do ser viço. Obviamente, este problema de comunicação e controle entre as partes é contornável, mas não sem um custo adicional. Assim, a com pra de serviços no mercado, ao invés da integração vertical, passa ria a ser justificada só a partir de um determinado volume de ser viços, e com o mercado oferecendo também alguma vantagem em termos de custo.

4 - Comentários e Conclusões Finais

Ao iniciarmos este estudo, nossa expectativa era a de encontrar economias de tamanho no TRB, principalmente devido ao pre ço de aquisição dos veículos. Essa expectativa era motivada pelo fato de que a literatura de transporte é abundante em evidências a cerca das economias de tamanho nos custos de construção de veículos em todos os modais. Não encontramos evidências dessas economias

aos preços de janeiro de 1984, para veículos acima de 12 toneladas de capacidade de carga. Historicamente, o veículo básico de seis a 15 toneladas úteis manteve uma relação média de preço com o cavalo mecânico para tracionar 25 toneladas úteis de 37%. Na Tabela 11 a presentamos os preços reais (que se mantiveram relativamente estáveis desde 1963) dos modelos L-1113 (L-1111 até 1969), da Mercedes-Benz, e L-111 (L-76 até 1975), da Scania. Ao que parece, possíveis reduções de custo com economias de escala na produção e avanço tecnológico foram absorvidas pelos aumentos de custo devido a melhorias na qualidade dos veículos. A relação estável entre os preços destes veículos também nos leva a crer que em nenhuma época houve significativa economia de tamanho, na aquisição de veículo de carga, conforme já evidenciado na Tabela 7, para preços de janeiro de 1984. Na realidade, o preço de aquisição de um Scania T-112 MA com semireboque de três eixos, para 25 toneladas, é 2,28 vezes maior que o de um Mercedes-Benz 1113/48 trucado com furgão de duralumínio, para 12 toneladas. Por outro lado, a capacidade do veículo Scania (25t) é só 2,08 vezes a do Mercedes.⁸

Cabe ressaltar que a estrutura oligopolista do mercado das montadoras de veículos de carga, principalmente na faixa dos pesados, pode ter alguma influência na ausência de economias de tamanho para aquisição de veículos. Sem dúvida, esta questão é importante e merece estudo mais aprofundado visando a fornecer subsídios para uma política industrial adequada para o setor.

⁸ Nos custos de aquisição e reposição por mês, no entanto, essa vantagem inicial do veículo quase desaparece, devido à sua menor vida útil.

Tabela 11 – Preço real médio de aquisição de veículos novos^a
(Cr\$ de 1981 x 10⁶)

Anos	Caminhão médio Mercedes-Benz ^b	Cavalo mecânico Scania ^c
1963	3,5	6,0
1964	3,3	6,6
1965	2,9	7,7
1966	2,4	6,8
1967	2,6	6,1
1968	2,3	6,4
1969	2,1	6,9
1970	1,6	6,3
1971	2,3	6,4
1972	2,3	6,1
1973	2,4	5,9
1974	2,2	5,4
1975	2,3	6,1
1976	1,9	5,9
1977	1,8	5,8
1978	2,4	6,1
1979	2,2	6,1
1980	1,8	5,3
1981	2,4	6,6
1982	2,2	5,9
1983	2,5	5,6
janeiro de 1984	2,1	5,7

FONTES: Transporte Moderno, Revista BR e O Carreteiro, vários núme-

^aDeflacionado pelo IGP-DI, Conjuntura Econômica.

^bMBB-1111 até 1969 e MBB-1113 de 1970 até hoje.

^cCavalo mecânico Scania L-76 até 1975, L-111 de 1976 até 1981 e T-11a MA de 1982 até hoje.

As economias de tamanho nos custos operacionais existem em função do item salários de motorista e de oficinas. Em suma, o mesmo motorista pode, em princípio, dirigir um veículo de 12 ou 25 toneladas. Assim, o custo por tonelada da mão-de-obra pode ser substancialmente reduzido com o tamanho do veículo, ceteris paribus. O mesmo vale para o trabalho em oficinas. Os custos de mão-de-obra também são bastante significativos — tão importantes quanto o de capital do veículo (ver Tabela 7).

A importância do item mão-de-obra fica ainda magnificada quando analisamos o processo de escolha de veículos dos transportadores autônomos. Se excluído o item mão-de-obra, os custos operacionais são praticamente lineares quanto ao tamanho do veículo. Este pequeno empresário independente teria, portanto, incentivos bastante fortes para escolher veículos menores e, sendo avesso ao risco, trocaria parte do valor esperado de remuneração pelo seu trabalho para reduzir a variabilidade desta remuneração.⁹ O custo relativamente mais alto do capital para os autônomos também acentuaria ainda mais essa tendência a caminhões menores. Nessa linha de argumentação, é possível entender por que o MBB 1113 trucado e similares são tão populares entre os autônomos e no tráfego interurbano de mercadorias.

O transportador autônomo é um importante segmento do mercado de oferta de transporte, representando para as empresas de transporte, simultaneamente, um prestador de serviços e um competi-

⁹ Este processo de substituição de lucro esperado pela variabilidade do lucro pode ser encarado como um prêmio de seguro pago pela empresa para reduzir seu risco. Assim, o lucro esperado é menor, assim como também a probabilidade de prejuízos [ver Castro Jr. (1983) e Magnusson (1969)].

dor, sendo o fiel da balança da eficiência econômica do TRB. Sua so brevivência a longo prazo é, ao que tudo indica, benéfica ao desem penho do setor de transportes.

Devido às economias de custo de mão-de-obra com o tamã nho de veículo no TRB, a escolha deste será sempre com o maior tama nho possível, ceteris paribus. A princípio, há limitações legais para o porte bruto máximo dos veículos - 45 toneladas. O fator fun damental, porém, limitante das escolhas encontra-se do lado da de manda dos serviços. Para que a escolha do veículo ótimo seja menor que o tamanho máximo legal, o impacto marginal do tamanho na utili- zação de veículo deve ser da ordem de -30% para veículos de maior porte (>12t), em termos de número de viagens em uma determinada ro ta, e de -60% para veículos menores.¹⁰ Fica patente, então, o ba- lanceamento que deve ser feito entre o custo de operação, o nível de serviço oferecido e, conseqüentemente, o custo logístico do usuá- rio, visto que um aumento do tamanho do veículo implicaria necessa- riamente uma redução da frequência de embarques, ceteris paribus.

Assim, o entendimento das escolhas de tamanho de veícu- lo, para confecção de políticas, só pode estar completo quando fo- rem levadas em consideração as necessidades e restrições de nível de serviços por parte dos usuários. No transporte, possibilidades de ganhos com economias de tamanho de veículos e manutenção simul- tânea dos níveis de serviço são possíveis com uma maior densida- de de fluxos nas rotas de tráfego, o que pode ocorrer através do crescimento do mercado ou da concentração das firmas na oferta de serviços. Operacionalmente, veículos maiores são viabilizados por

¹⁰ Ver restrição ao valor de g , na Seção 3: - $g > 1-b$.

meio da consolidação dos lotes de carga em terminais e remanejamento dos lotes em terminais intermediários.

Consolidação e armazenagem em geral desponta, então, como uma segunda área promissora para pesquisa. Devido às economias de escala na produção de serviços de terminais, e também ao mercado relativamente pouco denso dos fluxos de carga no Brasil, a prática de manejo de mercadorias em terminais, consolidação, etc., ainda é pouco difundida. Essas operações exigem ainda maior preparo gerencial das empresas de transporte para serem atrativas em termos de custo. As operações de consolidação e desconsolidação final e intermediárias, seleção e despacho de veículos, manuseio, coleta e entrega, e controle dos lotes de carga são, sem dúvida, bastante complexas, pois exigem sistemas de informação para a administração sofisticados e dispendiosos caso se queira obter um desempenho razoável. Por outro lado, esses custos são se justificam com a escala das operações. Podemos, então, baseados também nessas expectativas de custo, prever uma concentração das firmas ofertadoras de serviços, principalmente no subsetor de carga fracionada, à medida que for havendo crescimento do mercado.

Os principais inimigos da viabilização de veículos maiores via consolidação são:

- a) a inflação; e
- b) a incidência de tributos na movimentação de mercadorias.

A inflação aumenta os custos financeiros e a incerteza dos ofertadores, com os impactos já discutidos acima. Aumenta também os custos logísticos dos usuários, que, com isso, procura dimi

nuir seus estoques em trânsito, nas fábricas ou entrepostos nos locais de consumo, mas tendo, por outro lado, que adquirir transporte de melhor nível de serviço.¹¹ Da mesma forma age a incidência de tributos na movimentação de cargas. Hoje, a movimentação de mercadorias é o fato gerador de uma série de encargos tributários. Com isso, o usuário tem mais um incentivo para procrastinar a circulação de mercadorias, procurando também substituir armazenagem em trânsito e nos pontos de consumo por armazenagem na origem e melhor nível de serviço no transporte [ver Castro Jr. (1983)].

Tudo leva a crer que a área acima é bastante promissora no sentido de gerar informações relevantes para políticas. Primeiro, há a possibilidade de se estimular o desenvolvimento de técnicas e mão-de-obra gerencial qualificada. No campo tarifário, podem ser consideradas tarifas integradas de transporte e armazenagem, de forma a estimular a movimentação antecipada das mercadorias, diminuindo assim a demanda dos usuários por nível de serviço. Modificações na legislação tributária podem ser concebidas de forma a diminuir os desincentivos à movimentação antecipada de mercadorias. A criação de "armazéns alfandegados" internamente no País, de onde ou para onde as mercadorias poderiam transitar livres de gravames até a venda ao consumidor final, é uma das possíveis idéias que surgem. Finalmente, uma reformulação da legislação sobre os agentes da oferta de transporte, tanto corretores de frete como ofertadores de capacidade propriamente, poderia ser desejável. A atividade de oferta de transporte está evoluindo a cada dia para uma coordenação lo

¹¹Essa possibilidade de substituição entre nível de serviço de transporte e armazenagem é analisada extensamente por Castro Jr. (1983).

gística global da comercialização das mercadorias do usuário, incluindo volumes em estoque, localização geográfica dos estoques, movimentação e escolha modal. Neste contexto, a empresa de transporte é essencialmente o agente do usuário, representando-o em todos os modais utilizados, armazéns, etc., e possivelmente também um ofertador da capacidade física de transporte em algum link do sistema. Cabe, portanto, reformular a forma de pensar e legislar sobre empresas que vendem serviços, entre os quais transporte, assim como estimulá-las a desenvolver a capacidade gerencial necessária para administrar esta evolução.

Finalmente, conforme vimos na Tabela 3, o consumo de óleo diesel representa aproximadamente 15% dos custos do total do TRB. Se, por um lado, os caminhões mais pesados consomem menos combustível por tkm, ceteris paribus, por outro consomem mais pneus. De fato, os custos de combustível e de pneus por tkm para um cavalo mecânico tracionando carreta de três eixos (25t de carga) chegam a ser quase iguais (Tabela 8). A escolha do veículo ótimo, baseada em critério de mínimo custo operacional, não apontou, a princípio, na direção de que exista alguma imperfeição na escolha do veículo ótimo também sob a ótica social (excetua-se aqui talvez o caso do transportador autônomo), isto é, uma vez estabelecido os preços sociais corretos para os insumos, não há evidências de que as escolhas de tamanho de veículo e o consumo energético derivado não sejam economicamente eficientes sob o ponto de vista social.

Há talvez espaço para uma intervenção pública no setor, mas não via preço dos veículos. Criativa, descentralizada e delicadamente seria possível intervir no complexo do sistema de transpor-

tes, eliminando entraves, atualizando legislações, estimulando a formação de mão-de-obra qualificada e a pequena empresa estabilizadora do mercado - o autônomo.

Nos países mais desenvolvidos, uma das áreas de regulamentação ou interesse governamental mais acentuado é a dos mecanismos de formação de preços de mercados. As atuações governamentais variam desde o fornecimento de relatórios com informações sobre oferta, demanda e preços, até a legislação específica para tornar públicas informações de transações comerciais, organização e operação de bolsas, etc. No Brasil, a atuação nesse sentido, no setor de transporte de carga, limita-se às Centrais de Informação de Fretes (CIF), com apoio e atuação praticamente restritas ao nível estadual. Como vimos, atuações como estas não só tendem a minimizar os custos globais do setor, mas também a diminuir as incertezas e variabilidade dos preços, flutuações de demanda, etc., contribuindo para uma seleção mais adequada de veículos.

Bibliografia

- Baumol, W., Panzar, J., e Willig, R. Contestable markets and the theory of industry structure, San Diego, Harcourt, Brace, Javanovich, 1982.
- Castro Jr., N. R. de. Substituição entre modo de transporte e armazenagem, e suas implicações. Anais do V Encontro Brasileiro de Econometria. Belém, 1983 a.
- _____. Joint supply of transportation services and economic efficiency. Tese de Ph.D. Cambridge, MIT, 1983 b.
- DNER/RTRC. Registro e cadastro de transportadores rodoviários nacionais de cargas. Rio de Janeiro, 1981 e 1982.
- IBGE. Empresas de transporte rodoviário. V.7. Rio de Janeiro, 1979.
- Magnusson, G. Production under risk. Uppsala, Almqvist-Wiksells, 1969.
- Meyer, J. R., et al. The economics of competition in the transportation industries. Cambridge, Harvard University Press, 1959.
- Meyer, J.R. Keeping the railroads on track. Technology Review, Cambridge, fev./mar. 1984.
- Rezende, A.E.L.M. de. Análise da demanda por insumos das empresas profissionais de transporte rodoviário de cargas. Texto para Discussão do Grupo de Energia, nº 21. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1984.

Roberts, P. O., et al. Analysis of the incremental cost and trade-offs between energy efficiency and physical distribution effectiveness in intercity freight markets.

UNCTAD. Port development. New York, United Nations, 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, 30p.
- Nº II - "Recursos Nacionais de Xistos Oleígenos: Um Levantamento com Vistas ao Planejamento Estratégico do Setor", Lauro 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 Alcool", 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, Fev. 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, 12 p.
- Nº VII- "Um Modelo Econométrico para a Demanda de Gasolina pelos Automóveis de Passeio", Ricardo Paes de Barros e Silvério Soares Ferreira, Maio 1982, 135 p.
- NºVIII- "A Critical Look at the Theories of Household Demand for Energy", Ali Shamsavari, Junho 1982, 32 p.
- Nº IX - "Análise do Consumo Energético no Setor Industrial da Região Central do País", Flávio Freitas Faria e Luiz Carlos Guimarães Costa, Junho 1982, 30 p.
- Nº X - "Vinhoto: Poluição Hídrica, Perspectivas de Aproveitamento e Interação com o Modelo Matemático de Biomassa", Sérgio Margulis, Julho 1982, 108 p.
- Nº XI - "Um Modelo de Análise da Produção de Energia pela Agricultura", Fernando Curi Peres, José R. Mendonça de Barros, Léo da Rocha Ferreira e Luiz Moricochi, Agosto 1982, 24p.
- Nº XII- "Xistos Oleígenos: Natureza, Formas de Aproveitamento e Principais Produtos", Lauro R.A Ramos e Ricardo Paes de Barros, Fevereiro 1983, 55p.
- 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, 41p.
- 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, 88p.
- NºXVII- "Sobre a Dieselização da Frota Brasileira de Caminhões ", Armando M. Castelar Pinheiro, Dezembro 1983, 87p.
- 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, 102p.
- 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, 119p.

O INPES edita ainda as seguintes publicações: Pesquisa e Planejamento Econômico (quadrimestral), desde 1971; Literatura Econômica (bimestral), desde 1977; Brazilian Economic Studies (semestral), desde 1975; Coleção Relatório de Pesquisa; Série de Textos para Discussão Interna (TDI); Série Monográfica; e Série PNPE.