



VIII PRÊMIO SEAE– 2013

Tema 2- Regulação da Atividade Econômica

Inscrição: 19



CLASSIFICAÇÃO: 3º LUGAR

Título da Monografia:

Análise da Eficiência Estática e Dinâmica como Ferramenta para Regulação do Transporte Rodoviário Interestadual de Passageiros por Ônibus no Brasil

Carlos Eduardo Freire Araújo (representante)
(34 anos)

Brasília - DF

Mestre em Transportes – UnB.

Gerente / Engenheiro de Projetos- MKMBR Engenharia Ambiental.

Coautores: **Francisco Gildemir Ferreira da Silva** - Doutor em Economia - UFC e
Especialista da Agência Nacional de Transportes Terrestres.

Francisco Giusepe Donato Martins - Mestre em Transporte - UnB e
Analista de Controle Externo – TCU.

RESUMO

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ESTÁTICA E DINÂMICA COMO FERRAMENTA PARA REGULAÇÃO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO INTERESTADUAL DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS NO BRASIL

Palavras-chave: Transporte, Eficiência, Passageiros.

O objetivo desta pesquisa é analisar, no período de 2005 a 2010, a evolução da eficiência estática e dinâmica das empresas que ofertam os serviços regulares de transporte rodoviário interestadual de passageiros no Brasil, com ônibus do tipo rodoviário em percursos com distância superior a 75 km. O método não paramétrico da Análise Envoltória de Dados (DEA) foi utilizado, partindo da definição de fronteira de eficiência e com uma base de dados de produção de 127 empresas de TRIP. Os resultados resumem-se na evolução no tempo da eficiência com base nas variáveis que compõem o modelo, nos valores médios das eficiências por empresa e num prospecto comparado entre as empresas eficientes e ineficientes, resultando um *Benchmark* para a aferição regulatória. Uma análise detalhada aponta quais empresas estão alocando, de forma ineficiente e eficiente, os seus capitais imobilizados, listando-as e podendo ser utilizado tais desempenhos como parâmetro para os requisitos mínimos de operação. Finda o trabalho apresentado salto relevante nas metodologias de acompanhamento de empresas reguladas, mesmo em um setor cuja concorrência é limitada legalmente, além de apontar falhas na regulação tarifária adotada para o TRIP Brasileiro no que concerne a induzir a contínua busca de eficiência.

VIII Prêmio Seae -2013

Tema 2: Regulação da Atividade Econômica

Análise da Eficiência Estática e Dinâmica como Ferramenta para Regulação do
Transporte Rodoviário Interestadual de Passageiros por Ônibus no Brasil

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	III
LISTA DE FIGURAS	III
1. INTRODUÇÃO	1
2. FUNCIONAMENTO DE MERCADO, RACIONALIDADE ECONÔMICA DA INTERVENÇÃO ESTATAL, MÉTODOS DE REGULAÇÃO ECONÔMICA.....	3
2.1. FUNCIONAMENTO DE MERCADO: OFERTA, PROCURA E PREÇO	3
2.2. RACIONALIDADE ECONÔMICA DA INTERVENÇÃO ESTATAL: FALHAS DE MERCADO.....	4
2.3. REGULAMENTAÇÃO E REGULAÇÃO ECONÔMICA: CONCEITOS E OBJETIVOS	7
2.4. MÉTODOS DE REGULAÇÃO ECONÔMICA	8
2.4.1. <i>Regulação por Taxa de Remuneração ou por Custo do Serviço</i>	9
2.4.2. <i>Regulação por Incentivos de Desempenho</i>	11
2.4.2.1. <i>Regulação por Limite de Preços</i>	11
2.4.2.2. <i>Regulação por Limite de Receitas</i>	13
2.4.2.3. <i>Regulação por Comparação</i>	13
2.5. TÓPICOS CONCLUSIVOS	15
3. PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA NOS TRANSPORTES	16
3.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA ECONÔMICA	16
3.1.1. <i>Conceitos e Hipóteses</i>	16
3.1.1.1. Eficiências e Produtividade	16
3.1.1.2. Um Aprofundamento no Conceito de Eficiência Técnica	19
3.1.1.3. Exigências Matemáticas para Mensurabilidade da Produção e da Eficiência	20
3.1.2. <i>Ferramentas de Análise</i>	21
3.1.2.1. Modelos Econométricos	21
3.1.2.2. Índices de PTF.....	23
3.1.2.3. Fronteira de Eficiência	24
3.1.2.4. Data Envelopment Analysis - DEA	25
3.2. APLICAÇÕES EM TRANSPORTES.....	28
3.3. TÓPICOS CONCLUSIVOS.....	31
4. ESTUDO DE CASO - TRANSPORTE RODOVIÁRIO INTERESTADUAL DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS (TRIP).....	32
4.1. INTRODUÇÃO	32
4.2. METODOLOGIA, APLICAÇÃO E RESULTADOS	34
4.3. TÓPICOS CONCLUSIVOS.....	53
5. CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo de estudos de produtividade e eficiência em transportes (base COELLI et al, 2003)	29
Tabela 2: Estudos de produtividade e eficiência em transportes (AZAMBUJA, 2002)	30
Tabela 3: Resultado da correlação entre as variáveis, período 2005-2010	40
Tabela 4: Estatística descritiva das variáveis - período 2005-2010 para 127 empresas.	41
Tabela 5: Relação MT/FR - período 2005-2010 para 127 empresas	45
Tabela 6: Empresas eficientes em 2005	48
Tabela 7: Empresas eficientes em 2006	48
Tabela 8: Empresas eficientes em 2008	48
Tabela 9: Empresas eficientes em 2009	49
Tabela 10: Empresas eficientes em 2010	49
Tabela 11: Média das metas de redução – período: 2005-2010	53
Tabela 12: Média dos pesos – período: 2005-2010	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fronteira de Produção, Eficiência Técnica, Economia de Escala e Produtividade (Adaptado de COELLI et al, 1997)	17
Figura 2: Maximização via Algoritmo de Gauss-Newton, a procura se dá no entorno de B, um chute inicial pode ser a esquerda ou a direita de B e o alvo é o encontro das linhas pontilhadas.	23
Figura 3: Fronteira Estocástica de Produção.	25
Figura 4: Metodologia	35
Figura 5: Boxplot da variável FR - período 2005-2010 para 127 empresas	44
Figura 6: Evolução da eficiência e das variáveis no tempo	47
Figura 7: Metas de redução para Frota – ano 2005	51
Figura 8: Metas de redução para Motorista – ano 2005	52
Figura 9: Folgas PASS-KM – ano 2005	52

1. INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário interestadual de passageiros por ônibus (TRIP) é definido na Constituição Federal de 1988 como serviço exclusivo da União, cabendo ao Estado estabelecer as condições de prestação dos serviços que favoreçam o aumento da eficiência econômica na oferta dos serviços.

O conceito de serviço público norteou o Poder Público federal no estabelecimento de uma estrutura regulatória (BRASILEIRO e ARAGÃO, 2000) implementada, no que diz respeito aos serviços de TRIP, com a edição da Lei 8.987/1995 (BRASIL, 1995), que versa sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos, do Decreto 2.521/1998 (BRASIL, 1998), atual regulamento dos serviços de TRIP, e da Lei 10.233/2001 (BRASIL, 2001), que criou a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).

A ANTT tem o papel de regular a prestação dos serviços de TRIP, consoante os preceitos estabelecidos nas Leis 8.987/1995 e 10.233/2001 e no Decreto 2.521/1998, de forma a evitar a concorrência desleal, promover a eficiência econômica na oferta do serviço e garantir a qualidade do serviço e a modicidade tarifária, bem como atender aos princípios da legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência.

O ordenamento jurídico vigente impõe restrições ao agente econômico na prestação dos serviços, destacando-se: a delegação da prestação dos serviços regulares de TRIP à iniciativa privada mediante contrato de permissão; a determinação das tarifas dos serviços pela autoridade pública; e a fixação de frequência e de frota mínimas na oferta dos serviços regulares.

A regulação dos serviços de TRIP no Brasil ganhou evidência com a criação da ANTT e requer avanços no sentido de se definir dispositivos para o ajuste do desempenho das empresas na prestação dos serviços.

Quanto à prestação dos serviços de TRIP, cabem as seguintes questões inerentes à regulação:

- Os operadores de transporte privado são eficientes?
 - Caso sejam, quais são o nível e as fontes dessa eficiência?
 - Caso não sejam, existe uma busca de eficiência no tempo?

Neste contexto, a presente pesquisa tem por objetivo analisar, no período de 2005 a 2010, a eficiência estática e dinâmica das empresas que ofertam os serviços regulares de transporte rodoviário interestadual de passageiros no Brasil, com ônibus do tipo rodoviário em percursos com distância superior a 75 km.

A monografia está dividida em cinco capítulos que apresentam a teoria da regulação em particular a abordagem Estrutura – Conduta – Desempenho, segue-se com a teoria da produção e as formas de mensurar produtividade e eficiência e utilizá-la como ferramenta para mensurar o desempenho de firmas reguladas, seguido com o estudo de caso utilizando da técnica não paramétrica – *Data Envelopment Analysis* (DEA). Finaliza-se com as conclusões.

2. FUNCIONAMENTO DE MERCADO, RACIONALIDADE ECONÔMICA DA INTERVENÇÃO ESTATAL, MÉTODOS DE REGULAÇÃO ECONÔMICA

Este capítulo tem por objetivo realizar de forma breve uma revisão da literatura econômica quanto ao funcionamento do mercado e aos fundamentos teóricos, objetivos e principais mecanismos afetos à regulação governamental aplicada sobre a prestação de serviços públicos pela iniciativa privada.

2.1. Funcionamento de Mercado: Oferta, Procura e Preço

A configuração econômica desejada do mercado para produtos homogêneos ocorre quando o preço ou a remuneração são fixados pela convergência de interesses entre as forças de procura e de oferta sem quaisquer imposições. Contudo, tendo em vista que a procura e a oferta são definidas em função das possíveis combinações entre as variáveis preço e quantidade, respectivamente, em face ao comportamento dos consumidores ou dos produtores, essa configuração desejada não é obtida na prática em virtude da influencia exercida pelos elementos que caracterizam as estruturas de mercado (SAMUELSON e NORDHAUS, 1993).

A quantidade procurada e a ofertada dependem de vários fatores. Para a primeira pode-se destacar a renda do consumidor, as preferências dos consumidores, os preços dos bens substitutos, os preços dos bens complementares, as expectativas sobre a evolução da oferta e a demanda potencial, enquanto que para a segunda ganham relevância a capacidade instalada, as condições de oferta dos fatores de produção, os preços dos insumos, a tecnologia e as expectativas sobre a evolução da demanda e dos preços (SAMUELSON e NORDHAUS, 1993).

O funcionamento do mercado em função de suas forças de procura e de oferta ora pode alocar eficientemente os recursos, ora pode apresentar imperfeições

identificadas por meio da comparação das hipóteses de concorrência perfeita, tidas como condições ideais de mercado, com as de outras estruturas de mercado. De acordo com as teorias normativas de regulação, a intervenção estatal é necessária quando o sistema de transações impessoais de mercado, mediado somente pelos preços, falha ao proporcionar uma alocação eficiente de recursos (FARINA *et al.*, 1997). Portanto, na presença de falhas de mercado, a teoria econômica sugere que as forças de mercado devem dar lugar à regulação econômica ou à operação de empresas estatais. O principal desafio ao se optar pela regulação econômica é, segundo Salgado (2003), viabilizar a lucratividade, mediante a operação, o investimento das empresas e o bem-estar dos usuários, por meio da disponibilidade de serviços de qualidade e a preços módicos. Assim sendo, o Poder Público intervém administrativamente, com intuito de corrigir tais falhas, controlando a fixação de tarifas e as condições de entrada e saída do mercado e fixando a quantidade mínima ofertada, os parâmetros operacionais e o nível do serviço. Todavia, essa escolha pressupõe que o Estado ou as agências reguladoras sejam capazes de atuar criando condições para que as empresas reguladas apresentem resultados semelhantes àqueles que seriam obtidos em mercados competitivos.

2.2. Racionalidade Econômica da Intervenção Estatal: Falhas de Mercado

A intervenção estatal em determinados serviços ou atividades ocorrem por várias razões as quais estão de alguma forma associadas à incapacidade do mercado em prover livremente uma solução ótima do ponto de vista econômico e social, normativamente chamado de falha de mercado. De acordo com a literatura especializada, as principais falhas de mercado são a existência de monopólios

naturais, de oligopólios, assimetria de informações, indústria em rede e externalidades¹.

Os monopólios naturais são casos extremos em que as estruturas de mercado apresentam particularidades que permitem ao mercado comportar apenas uma firma atuando em uma planta eficiente (exemplos: ferrovias, metrô, distribuição de energia e de água, oleodutos) e que justificam a intervenção do Estado, para assegurar a provisão dos serviços, merecendo destacar: (a) existência de economias de escala e de escopo; (b) ativos com elevado grau de especificidade e custos irrecuperáveis; (c) estruturas em redes, cujas tecnologias geram complementaridades que favoreçam a coordenação das atividades em detrimento da competição; (d) obrigatoriedade devido à essencialidade dos serviços públicos; e (e) externalidades manifestadas pelo lado da oferta (investimento maior que o valor pago pelo usuário) e pelo lado da demanda (universalização do acesso).

Já os oligopólios possuem como principais características, segundo Rossetti (2003): (a) pequeno número de concorrentes; (b) produto homogêneo ou diferenciado, mas substituível; (c) alto controle sobre preço, devido à rivalização entre as firmas; (d) concorrência extra-preço elevada, decorrente da rivalização e da diferenciação; (e) fortes barreiras à entrada; (f) acesso restrito à informações em virtude da rivalização; (g) maximização de lucros ou de *mark up* pelas empresas; e (h) obtenção de lucros extraordinários no longo prazo.

A assimetria de informação refere-se ao desconhecimento por uma das partes envolvidas em um contrato (contratante ou contratado, no linguajar econômico Agente e Principal no tocante ao tipo ou ação que a outra parte (contratado ou contratante) pode tomar. Exemplificando, o contratante pode omitir informações a

¹ Para uma discussão completa a respeito das falhas de mercado, ver Stiglitz (2000).

respeito do bem envolvido na negociação, ou então o contratado pode omitir se ele é ou não eficiente na prestação de um serviço. Por outro lado, podem-se ter contratados que mesmo eficientes não são motivados a se revelarem.

As indústrias em rede se caracterizam pela interoperação entre as empresas e pela integração de diferentes modos de serviços (GOMIDE e MARTINS, 2005). Segundo esses autores, no caso do transporte coletivo de passageiros por ônibus, a intervenção estatal assegura que a prestação dos serviços resulte em maior eficiência da oferta e de uso, enquanto que na ausência de regulação, os operadores iriam competir pelos mesmos usuários, sobrepondo linhas e horários nas áreas mais rentáveis, o que causaria deseconomias para todo o sistema. Quanto maior o número de usuários do serviço conectados à rede, maior será a oferta de serviços complementares e, por outro, tendo em vista a disponibilidade de serviços com a utilização de uma mesma infraestrutura, a oferta de uma empresa pode influenciar a oferta de outras firmas.

As externalidades são designadas como sendo os efeitos gerados sobre o bem-estar de terceiros, que podem ser positivos – quando os benefícios causados por uma atividade, para outra parte, não são apropriados pela empresa responsável (ex. educação, vacinação, investimento em setores de infraestrutura) – ou negativos – quando uma atividade traz custos para outra parte, sem que a parte responsável considere os custos gerados (ex. poluição, congestionamento de trânsito). Vale frisar que a externalidade deve ser transmitida diretamente a terceiros por meio das quantidades consumidas ou produzidas e não através dos preços de mercado (ROSSETTI *et al*, 1985).

2.3. Regulamentação e Regulação Econômica: Conceitos e Objetivos

A regulamentação e a regulação são termos que por vezes se confundem, apesar de serem distintos. A regulamentação, consoante Samuelson e Nordhaus (1993), consiste em regras ou leis governamentais estabelecidas para controlar as decisões de preço, de venda ou de produção das empresas. Esse conceito é semelhante ao apresentado por Aragão (2004) ao definir regulação estatal como sendo um conjunto de medidas legislativas, administrativas e convencionais, pelas quais o Estado determina, controla, ou influencia o comportamento dos agentes econômicos, de modo a adequá-lo aos interesses sociais. Nota-se que a regulamentação trata de diretrizes estabelecidas em instrumentos normativos, mas que deixam a cargo do agente regulador escolher a forma de como implementá-las. Ou seja, cumpre ao regulador dentro de suas atribuições definir o *modus operandi* para executar as diretrizes traçadas pelo órgão setorial ao qual está vinculado, por meio de mecanismos regulatórios que devem levar e conta as especificidades de cada setor regulado.

A regulação econômica, por seu turno, de acordo com Samuelson e Nordhaus (1993), refere-se à diversidade de produtos, ao estabelecimento de níveis de serviço, às condições de entrada e saída do mercado e às condições econômicas e operacionais afetas à prestação do serviço ou atividade, incidindo especialmente sobre a quantidade produzida, a área de atuação de cada empresa e os preços dos serviços ou produtos. O *modus operandi* da regulação econômica busca alcançar diversos objetivos entre os quais, consoante Pires e Piccinini (1999), destacam-se: (a) propiciar a eficiência econômica na prestação dos serviços; (b) evitar o abuso do poder de monopólio; (c) assegurar a universalidade e a qualidade do serviço; e (d) estimular a inovação. Giambiagi e Além (2000) citaram outros objetivos, quais

sejam: promover o bem-estar do usuário e garantir a interconexão entre os diferentes provedores. Salgado (2003) citou também o de incentivar os investimentos, enquanto Marques (2005) ressaltou, entre outros objetivos, a importância de assegurar, sempre que possível, o autofinanciamento pelo serviço prestado.

O aumento do nível de eficiência econômica na prestação dos serviços pela iniciativa privada tem sido mencionado na literatura como sendo o objetivo primordial da regulação econômica. A eficiência econômica, por seu turno, abrange o conceito de eficiência alocativa, distributiva e produtiva.

A consecução do objetivo de eficiência econômica ou eficiência total depende da aplicação das diretrizes setoriais pelos agentes reguladores, em função dos mecanismos regulatórios adotados no sentido de induzir as empresas a buscarem essa eficiência na prestação dos serviços, ou seja, apresentarem um desempenho eficiente.

2.4. Métodos de Regulação Econômica

Há vários mecanismos ou métodos de regulação econômica aplicados no âmbito da prestação de serviços, mas que podem ser agrupados, de acordo com Marques (2005), em duas classes conforme o grau de incentivo proporcionado às empresas pelo agente regulador, a fim de que minimizem os custos de produção: a regulação por taxa de remuneração ou por custo do serviço para o nível de incentivo reduzido e a regulação por associado a um grau de incentivo elevado. Ainda, consoante Marques (2005), a regulação por desempenho abrange vários métodos, sendo os mais usuais as regulações por limite de preços, por limite de receitas e por comparação. A regulação por comparação, em geral, é aplicada complementarmente às regulações por limites de preços e de receitas.

2.4.1. Regulação por Taxa de Remuneração ou por Custo do Serviço

A regulação por custo do serviço se baseia na fixação de tarifas que expressem a equalização dos custos incorridos na prestação do serviço às receitas totais obtidas, considerando uma taxa adicional de remuneração atrativa sobre o investimento realizado. Esse modelo consiste em assegurar ao particular remuneração que permita amortizar os investimentos realizados, a compensação de seus custos e a obtenção de um retorno satisfatório, sendo, esse o modelo adotado na regulação econômica dos serviços de transporte rodoviário interestadual de passageiros.

A implementação desse método passa, inicialmente, pela definição dos principais insumos que influenciam os custos operacionais do serviço e da forma como considerar tais custos se a valor histórico ou de reposição. Definem-se os investimentos a efetuar e os parâmetros operacionais que também influenciam diretamente na prestação dos serviços por estarem, em regra, tendo em vista a utilização da capacidade instalada, o nível de serviço requerido e a produção mínima fixada contratualmente pelo regulador. O nível de custo permitido mais a taxa de remuneração calculada determinam a receita necessária pela empresa. Busca-se, então, equalizar o nível de custo com a receita requerida, a fim de determinar o nível da tarifa. Esse método está expresso na Equação 1 (MARQUES, 2005):

$$\sum_{i=1}^n P_i \times q_i = \left(\sum_{j=1}^n C_j \right) + r \times V \quad (1)$$

onde: P_i = preço unitário de venda de um determinado serviço i ;

q_i = quantidade prevista de venda das unidades do serviço i ;

C_j = parcela dos custos j a suportar pela firma;

r = taxa de remuneração dos investimentos; e

V = valor dos investimentos.

O ponto de maior discussão nesse modelo, trata-se da determinação da taxa de remuneração. Economicamente, essa taxa deve refletir o custo de oportunidade em atividades de risco semelhantes. A literatura de finanças corporativas oferece modelos de cálculo do valor da taxa de retorno do empreendimento. Todavia, os de maior aceitação ou os mais difundidos são os baseados no método do fluxo de caixa descontado (ASSAF NETO, 2003; COPELAND *et al.*, 2002; DAMODARAN, 1996), sendo o custo do capital elemento-chave na determinação desse valor, além de tomar lugar de destaque na determinação da tarifa do serviço prestado. Nesse sentido, tem sido adotado o modelo do custo médio ponderado de capital (*Weighted Average Cost of Capital* - WACC), que expressa o custo de oportunidade das várias fontes de capital (próprio e terceiros), ponderado pela participação relativa de cada uma delas na estrutura de financiamento.

Marques (2005) ressalta que esse método caracteriza-se por períodos curtos de revisão das tarifas, em geral de um ano. Devido aos custos operacionais do período subsequente se basearem no período anterior, à fixação do nível dos preços e da sua estrutura por parte do agente regulador e ao baixo risco operacional para a empresa. Na prática, o regulador efetivamente mensura os custos médios e fixa o preço do serviço e não a taxa de remuneração. Esse procedimento facilita uma política de preços de segunda escolha, baseada em preços lineares ou não-lineares, haja vista que os preços marginais não são exequíveis (MARQUES, 2005). Em vista desses aspectos, as firmas reguladas não têm incentivos para otimizarem os custos de produção, tampouco para alocarem eficientemente os recursos.

No que concerne à taxa de remuneração, se esta for fixada em valor superior ao custo de capital, as empresas poderão sobreinvestir na base de remuneração

(efeito Averch e Johnson), sem justificativa *a priori*. Outro problema observado quando da aplicação desse mecanismo de regulação, diz respeito à produção de vários serviços, sendo alguns regulados ou ofertados em regimes regulatórios distintos. Isso pode conduzir as empresas a transporem custos comuns de serviços de mercados competitivos para o mercado regulado ou ocorrer o desvio de receitas quando o serviço competitivo é ofertado no mercado regulado.

2.4.2. Regulação por Incentivos de Desempenho

2.4.2.1. Regulação por Limite de Preços

A regulação por limite de preços ou *price cap* se fundamenta na fixação de limites máximos para um conjunto de serviços produzidos pela empresa durante o período regulatório, podendo esta escolher o preço final cobrado do usuário, respeitado o limite estabelecido pelo regulador. De acordo com Marques (2005), tendo sido os preços máximos definidos no início do período regulatório, as empresas reguladas retêm os lucros correspondentes à redução de custos obtida nesse período. E, ao final deste, parte dos benefícios da redução de custos são transferidos para os usuários, mediante a deflação dos preços para o período seguinte. Em regra, os preços são reajustados por meio de índices previstos contratualmente. Esse modelo requer do regulador o conhecimento sobre as condições de custo e demanda, a fim de que ao implementá-lo não gere inconsistências prejudiciais ou favoráveis à firma (FARINA *et al.*, 1997). O modelo pode ser descrito pela Equação 2 (MARQUES, 2005):

$$P_{i,t} = P_{i,t-1} \times \left(1 + \frac{I_{i,t,t-1} - X_{i,t,t-1}}{100} \right) \quad (2)$$

onde: $P_{i,t}$ = preço unitário máximo do serviço i no período t ;

$P_{i,t-1}$ = preço unitário máximo do serviço i no período $t-1$;

$I_{i,t,t-1}$ = índice de preços associado ao fornecimento do serviço i , expresso em porcentagem, entre o período t e $t-1$; e

$X_{i,t,t-1}$ = fator em porcentagem dos ganhos de produtividade esperados entre o período t e $t-1$ na prestação do serviço i .

Nesse método também é fixada a taxa de remuneração dos investimentos, sendo usualmente adotado o modelo do custo médio ponderado de capital (*Weighted Average Cost of Capital - WACC*), juntamente com o modelo de formação de preços de ativos financeiros (*Capital Assets Pricing Model – CAPM*).

O principal exemplo desse modelo encontra-se no setor elétrico da Inglaterra, constituindo-se numa regra de reajuste por índice de preços (IP), deduzido de um coeficiente (X) que tem como objetivo o repasse para o consumidor da redução de custos decorrente do aumento de produtividade (POSSAS, PONDÉ e FAGUNDES, 1997; GIAMBIAGI e ALÉM, 2000, ANEEL, 2006). O *price cap* era visto como um método tarifário de regra simples e transparente que poderia proporcionar o maior grau de liberdade de gestão possível para as empresas em regime de monopólio natural, além de estimular ganhos de produtividade e sua transferência para os consumidores. Entretanto, a determinação do fator X é bastante complicada, em especial o do início do período regulatório, na medida em que esse fator engloba, em regra, duas parcelas distintas: uma associada às mudanças tecnológicas e outra referente à empresa regulada. A fixação do fator X pode também compreender a confrontação entre a eficiência da empresa regulada e a de suas correlatas, mediante a aplicação da regulação por comparação de forma complementar. A principal vantagem citada na literatura acerca de adoção do *price cap* é o incentivo à eficiência visando o aumento de produtividade em vista da fixação de um valor

máximo para a tarifa, pois há tendência de as firmas buscarem reduzir os custos para auferirem lucros excedentes.

2.4.2.2. Regulação por Limite de Receitas

A regulação por limite de receitas tem a mesma essência da regulação por limite de preços. Isso porque as receitas da empresa regulada são limitadas a um valor médio máximo, definido em função de índice de preços e de um fator que reflita os ganhos de produtividade (MARQUES, 2005). O modelo pode ser descrito pela Equação 3 (MARQUES, 2005):

$$R_t = R_{t-1} \times \left(1 + \frac{I_{t,t-1} - X_{t,t-1}}{100} \right) \quad (3)$$

onde: R_t = receita média máxima obtida pela empresa no período t;

R_{t-1} = receita máxima que a empresa pode usufruir no período t-1;

$I_{t,t-1}$ = índice de preços expresso em porcentagem entre o período t e t-1; e

$X_{t,t-1}$ = fator em porcentagem dos ganhos de produtividade esperados entre o período t e t-1.

A regulação por limite de receitas, apesar da semelhança com regulação por limite de preços, possui diferenças. A principal se refere ao fato de a empresa regulada ter maior flexibilidade na fixação de preços, pois estes não são controlados, o que permite haver subsídio cruzado entre diferentes serviços (MARQUES, 2005).

2.4.2.3. Regulação por Comparação

A regulação por comparação, também denominada de competição por comparação (*yardstick competition*), tem como base a mensuração dos desempenhos das empresas reguladas, comparando-os com padrões de desempenho estabelecidos, mediante empresa de referência espelho ou virtual

(ER), ou outras firmas do setor (*benchmarking*) ou, ainda, de uma empresa incumbente de referência mais eficiente, e suas consequências financeiras (MARQUES, 2005), buscando com isso estimular a melhoria da eficiência da empresa regulada, por meio de informação obtida de outras empresas do setor.

A aplicação desse método, em geral, ocorre em setores onde a concorrência está impossibilitada ou não é razoável, ou, ainda, onde as empresas têm reduzido incentivo para redução de custos de produção ou existem fortes assimetrias de informação. Um dos requisitos para aplicar esse mecanismo é a possibilidade de comparação entre as firmas reguladas.

Outro aspecto importante, consoante Marques (2005), é o método de determinação da eficiência e da produtividade, ou seja, o *benchmarking*, que pode ser paramétrico ou não-paramétrico. Entre os mais aplicados encontram-se os números índices e a análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*) como exemplo de métodos não-paramétricos, e a fronteira estocástica como exemplo de método paramétrico.

Rodrigues (2003) cita como vantagens desse método: (a) a redução da assimetria de informações; (b) a utilização de informações disponíveis para promover a competição, já que as próprias empresas fornecem os dados com os quais se julgam as outras empresas do setor; (c) incentivos para as empresas buscarem reduções nos custos e melhores práticas de organização. Esse autor mencionou como desvantagens: (a) o fato de os incentivos funcionarem somente quando não existe possibilidade de conluio e cartelização; e (b) as dificuldades operacionais existentes em função dos diferentes contextos em que as empresas operam. Assim, ao se adotar a regulação por desempenho busca-se uma forma de

incentivar as empresas incumbentes a aplicarem práticas inovadoras que melhorem a eficiência econômica na prestação do serviço.

2.5. TÓPICOS CONCLUSIVOS

O conhecimento das condições de funcionamento dos mercados, em especial a estrutura e as condições de concorrência dos mercados, auxilia no processo decisório sobre intervenção regulatória em mercados imperfeitos. No entanto, dada a escolha pela atividade regulatória, esta deve estar alicerçada em mecanismos, que, quando de sua implementação, favoreçam o acompanhamento detalhado da evolução da dinâmica de mercado para não gerarem ineficiências setoriais. Dentro desse escopo, os mecanismos de precificação são pontos críticos em qualquer estrutura de mercado, na medida em que envolve diversos aspectos, destacando-se a obtenção de uma taxa de retorno atrativa sobre o capital investido, a estabilização dos preços e das margens de lucro e a manutenção e a melhoria do *market share* (POSSAS, 1987).

A regulação por taxa de remuneração tem sido usualmente utilizada, embora não estimule a busca pela redução de custos e incentive o sobreinvestimento de ativos, em vista da remuneração garantida, o que se afasta da premissa de eficiência econômica. Por causa desses aspectos adversos, passou-se a aplicar regulação por incentivos de desempenho, em especial a regulação por limite de preços, por limite de receitas e por comparação. A regulação por incentivo além de estimular as empresas reguladas a reduzirem os custos, também reduz a assimetria de informação entre regulador e regulado, em virtude de os reajustes tarifários se basearem em índices de preços, associado a um fator de produtividade que atende à modicidade tarifária, o que favorece a eficiência econômica na prestação dos serviços.

3. PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA NOS TRANSPORTES

Este capítulo terá dois pontos: servir como guia sobre a teoria econômica de produção e apresentar o referencial das técnicas de medição de produção e eficiência com suas aplicações no setor de transportes.

3.1. Considerações sobre Produção e Eficiência Econômica

Nesta seção são apresentados os aspectos técnicos e formais e os métodos de análise de produtividade e eficiência.

3.1.1. Conceitos e Hipóteses

3.1.1.1. Eficiências e Produtividade

Analisar a produtividade de empresas é ver o mercado segundo o comportamento das empresas no âmbito da busca de um maior benefício, ou seja, maximização de lucros ou minimização de custos. A maximização de benefícios exige que três decisões sejam corretamente tomadas: (i) dentro de todos os níveis de produção possíveis, deve-se escolher o que maximize os benefícios; (ii) de todos os insumos para o nível escolhido, deve-se escolher o conjunto que minimize custos; e (iii) a empresa deve produzir o produto necessário com o mínimo de insumos possível. Pelo exposto existem três possibilidades de eficiência: de escala (produção em uma escala de tamanho ótimo); alocativa (conjunto de insumos que minimiza custos); e técnica (máxima produção possível com o conjunto de insumos empregado). Coelli et al (1997) são um pouco menos taxativos e falam da eficiência técnica como duas componentes: a componente puramente técnica, que se refere à habilidade de evitar desperdícios na produção e a componente alocativa ou preço, que se refere à habilidade de combinar os insumos e produtos em proporções ótimas, dados os preços deles.

Mas, para bem entender esses conceitos, vale a pena descrever os termos utilizados em análises de produtividade tais como: Produtividade; Eficiência Técnica; Eficiência Alocativa; Mudanças Técnicas; Economias de Escala; Produtividade Total de Fatores (PTF); Fronteira de Produção; e Conjunto Factível de Produção (COELLI et al, 1997 e COOPER et al, 1999).

A produtividade é definida como a relação entre o produzido e os insumos necessários para a produção. O conceito é trivial quando temos uma firma que produz apenas um produto utilizando um insumo, contudo torna-se complicado ao aumentar a dimensão dos insumos e/ou dos produtos. No caso de múltiplos insumos e produtos, o conceito de produtividade equivale a Produtividade Total dos Fatores - PTF. A Figura 1 elucida as definições e relações entre produtividade e as definições de eficiência técnica, fronteira de produção e economias de escala.

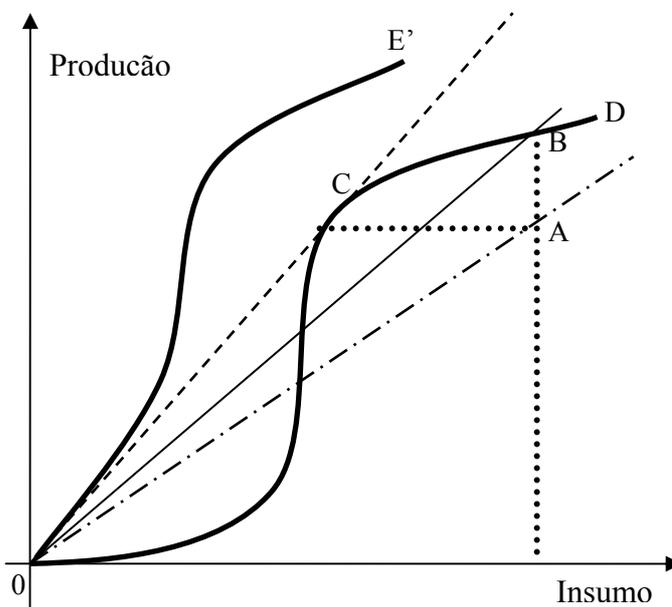


Figura 1: Fronteira de Produção, Eficiência Técnica, Economia de Escala e Produtividade (Adaptado de COELLI et al, 1997)

A fronteira de produção é representada na Figura 3.1 pela linha “OD” e representa a produção máxima para cada nível de insumo, reflete, assim, o estado

da tecnologia na indústria. A empresa é tecnicamente eficiente se está na fronteira de produção, sendo ineficiente se estiver abaixo da curva, ou seja, o ponto “A” é tecnicamente ineficiente e os pontos “B” e “C” são eficientes. Note-se ainda que de “A” pode-se alcançar “B” sem aumentar a quantidade de insumos, portanto em “A” está se produzindo ineficientemente. Todos os pontos abaixo da curva são factíveis, porque dado uma combinação de insumos pode-se produzir algo, contudo acima da curva não se pode produzir com o insumo relativo, pois ultrapassaria a fronteira de produção da indústria.

Da Figura 3.1 se pode explorar a diferença entre produtividade e eficiência técnica, pois a inclinação relativa da produção nos pontos “A” e “B” são diferentes, embora com mesmos insumos, já no ponto “C” temos que a reta é tangente à fronteira de produção, assim, tecnicamente “C” é um ótimo, “B” está na fronteira, mas não é um ótimo, contudo “B” é mais produtivo que “A”. O ponto “C” é um ótimo porque tem melhor escala de produção (combinação insumo/produto). Registre-se que não se está explorando o conceito temporal, pois, ao se explorar a temporalidade, tem-se o conceito de mudanças técnicas que são possíveis de um período para outro, implicando mudança na forma da fronteira de produção com ampliação ou redução do conjunto de produção conforme linha “OE”.

O crescimento em produtividade é consequência, conforme Coelli et al (1997), das melhoras em eficiência, mudanças técnicas ou economias de escala, podendo ainda ser resultado de uma combinação desses fatores.

Além disso, complementarmente aos conceitos de eficiência, pode-se distinguir duas eficiências: uma no momento (estática) e a outra associada a mudanças técnicas (dinâmica).

3.1.1.2. Um Aprofundamento no Conceito de Eficiência Técnica

Historicamente, o conceito de eficiência técnica vem de Koopmans (1951), sendo seguido por Debreu (1951, apud FÄRE et al, 1994) e Farrell (1957). Debreu (1951) utiliza o “coeficiente de utilização de insumos”, estabeleceu a primeira medida de eficiência técnica, orientada a minimização do consumo de insumos, definida com base na redução equiproporcional máxima possível em todos os insumos, mantida a geração da mesma quantidade de (um único) produto.

Essa medida pode facilmente ser orientada para a produção, considerando-se a expansão equiproporcional dos produtos, mantidos os níveis de consumo de insumos. Medidas radiais (equiproporcionais) têm a vantagem de serem independentes de unidades de medidas e, portanto, independentes de relações de preços. Por outro lado, a contração equiproporcional de todos os produtos sugere eficiência mesmo quando permanecem excessos no consumo de algum insumo ou folga (falta) na geração de outro.

Em consequência, um plano de produção eficiente no sentido de medida equiproporcional de Debreu (1951) pode ser também na definição de Koopmans (1951). É sempre possível trabalhar com a medida de eficiência de Debreu e os possíveis excessos no consumo de insumos e folgas de produção, separadamente.

Farrell (1957) estendeu o trabalho iniciado por Debreu (1951) observando que a eficiência na produção tem uma segunda componente associada à capacidade da unidade de selecionar corretamente vetores de insumos e produtos produtivamente eficientes em função dos preços vigentes (eficiência alocativa). Farrell (1957) define, então, eficiência total com o produto entre eficiência técnica e eficiência alocativa. Farrell (1957) restringe suas análises e seus cálculos à eficiência técnica com um único produto, embora formule o problema para o caso com múltiplos produtos.

3.1.1.3. Exigências Matemáticas para Mensurabilidade da Produção e da Eficiência

A função de produção tem que ter as propriedades para a estatística unidimensional $f: K \rightarrow R$, onde K representa o domínio da função de produção, sendo um subconjunto compacto, convexo, do ortante não negativo de R^s onde s é o número de insumos pertencentes ao conjunto dos números inteiros não-negativos do conjunto dos números reais R . A função de produção usada deve ter as seguintes propriedades:

- Monotonicidade (bom comportamento da função e do ponto de vista de continuidade pode vir a implicar diferenciabilidade e portando passível de maximização):

$\bar{x} > \bar{\bar{x}} \Rightarrow f(\bar{x}) > f(\bar{\bar{x}}), \forall \bar{x}, \bar{\bar{x}} \in K$, onde \bar{x} é o vetor de input e f é a função de produção. analisada.

- Concavidade (comportamento da função – apresentando retornos de escala):

$\theta.f(\bar{x}) + (1 - \theta).f(\bar{\bar{x}}) \leq f(\theta.\bar{x} + (1 - \theta).\bar{\bar{x}}), \forall \bar{x}, \bar{\bar{x}} \in K$, onde θ é a eficiência.

- Envoltória de dados (factibilidade da produção):

$f(\bar{x}_j) \geq y_j, j = 1, 2, 3, \dots, N, \forall \bar{x} \in K$, onde y_j é o valor da eficiência da unidade j .

- Extrapolação mínima:

Dada uma função g que satisfaça as condições (a), (b) e (c), obtém-se,
 $g(\bar{x}) \geq f(\bar{x}); \forall \bar{x} \in K$

Note que as propriedades matemáticas da produção estão associadas a uma função neoclássica (MAS-COLLEL et al, 1995). Em suma, tem-se que a monotonicidade como o comportamento da função constante e contínua para um determinado valor de *input*, e do valor da envoltória ser sempre maior que a eficiência de uma determinada unidade de análise; a concavidade implica na

dependência linear dos valores de *inputs* com relação a *outputs*; o item (c) indica que a função da envoltória (produção factível) é sempre maior que um valor individual de uma unidade e a extrapolação máxima indica que sempre pode haver uma função de envoltória maior que a tratada em estudo, implicando que a eficiência pode sempre ser melhorada, restrita apenas as limitações de factibilidade.

3.1.2. Ferramentas de Análise

As técnicas utilizadas para medir eficiência produtiva devem mimetizar o comportamento descrito na seção anterior. Dos métodos computacionais, podem-se destacar: modelos econométricos de funções de produção; índices de PTF; análise envoltória de dados (DEA); e fronteira estocástica.

3.1.2.1. Modelos Econométricos

Na abordagem econométrica, constitui-se de um método paramétrico onde se estimam parâmetros que consigam aproximar uma amostra a uma função matemática e um componente aleatório que represente a população, conforme Equação 4. Nessa u_i é o componente aleatório e os parâmetros estimados possuem as seguintes propriedades: não viesados e eficientes do ponto de vista estatístico (GUJARATI,2000; e PINDYCK e RUBINFELD, 2004).

$$Y_i = f(x_1, \dots, x_n, u_i) \quad (4)$$

A função a ser estimada é definida com base na teoria econômica da produção. Em geral, utilizam-se funções do tipo Cobb-Douglas, CES – Constant Elasticity of Substitution e/ou *Translog*. As estimativas econométricas possuem a vantagem de serem testáveis estatisticamente e por ser uma abordagem com base econômica, pode-se recuperar os parâmetros e obter respostas relativas aos ganhos de escala (identificação e nível), à relevância de insumos na produção, às mudanças

tecnológicas, entre outras. A desvantagem é a necessidade de ter amostras grandes e com mínimo de erros de mensuração.

Várias aplicações de estimação de funções de produção, identificação de taxas marginais de substituição são apresentados em Fuss e McFadden (1978). No trabalho esses autores apresentam análises do valor real da produção; apresentam-se técnicas de mensuração de elasticidade de substituição via funções de custo e via equações de crescimento; e calcula-se a taxa efetiva de retorno em ambientes regulados utilizando funções de lucro. Ainda são apresentadas técnicas de estimação para dados macroeconômicos.

O método de estimação dos parâmetros é o de otimização numérica, pois as funções tipo Translog e CES são não lineares e não linearizáveis como a Cobb-Douglas. De forma sucinta estimam-se os parâmetros via algoritmo de Gauss-Newton conforme minimização da Equação 5, dado que a forma da função de produção é conforme a Equação 6:

$$Y = h(X, \beta) + \varepsilon \quad (6)$$

$$\min S(\beta) = (\bar{Y} - Z\beta)'(\bar{Y} - Z\beta) \quad (5)$$

Onde $h(X, \beta)$ é a parte não linear, Y são os valores observados da variável de produção e Z é a matriz de derivadas da h com relação a β valorada num ponto de aproximação. Faz-se o processo iterativo em que, considerada a ocorrência de convergência do erro para um limite, presume-se que os parâmetros β 's foram encontrados. Observe que o método é uma linearização entorno do ponto de mínimo ou máximo da função conforme Figura 2. Ao encontrar o ponto, tem-se o conjunto de parâmetros que descrevem a função. Ressalte-se que a não linearidade não é na

função, mas nos parâmetros, visto que qualquer não linearidade nas variáveis poderia ser resolvida na conversão dos próprios dados.

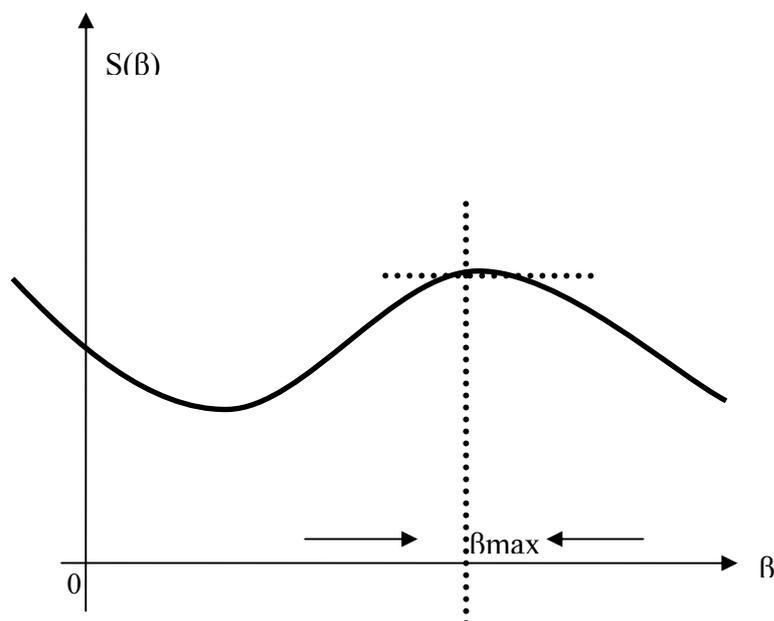


Figura 2: Maximização via Algoritmo de Gauss-Newton, a procura se dá no entorno de B, um chute inicial pode ser a esquerda ou a direita de B e o alvo é o encontro das linhas pontilhadas.

A desvantagem do método é que em certas circunstâncias a estimativa da matriz de covariâncias pode ser distante do seu valor real. Para melhoramento dos resultados pode-se utilizar do algoritmo de Newton-Raphsone.

3.1.2.2. Índices de PTF

O PTF é representado por um número índice, especificamente os índices Tornqvist e quantitativo de Tornqvist são os mais utilizados. Coelli et al (1997) apontam a econometria como método para mensurar o PTF. Ainda há a possibilidade de utilizar índices de PTF multilaterais que são utilizados para comparar produtividade relativa. Caves et al (1982) tem um trabalho exaustivo em números índices aplicados na mensuração de produtividade e comparação entre insumos e produtos.

O índice Malmquist (1953), conforme Equações 7, 8 e 9, que é aplicado, consoante Färe et al (1994), é utilizado para medir a variação de eficiência técnica e quão distante a produção observada está do máximo produto potencial entre os períodos t e t+1.

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \times \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (7)$$

Variância da eficiência =

$$\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad (8)$$

Variância Tecnológica =

$$\left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \times \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (9)$$

Onde M representa o índice Malmquist, D corresponde à função que mensura distância e os sobrescritos referem-se ao tempo. Pode-se utilizar a técnica DEA e a fronteira estocástica para encontrar o índice Malmquist, sendo essas duas técnicas explicadas na próxima subseção.

3.1.2.3. Fronteira de Eficiência

A fronteira estocástica e o DEA podem ser utilizados como métodos alternativos de estimação de funções de fronteira. O primeiro é um método paramétrico proposto por Aigner et al (1977) e Meeusen e Van den Broeck (1977), concomitantemente, e consiste em uma regressão onde o valor da produção é limitada pela variável aleatória ($\exp(x_i + v_i)$). A expressão $\exp(x_i)$ é a própria função de produção e v_i é um termo idiossincrático com média 0 e variância σ . A Figura 3 representa uma fronteira estocástica com retornos decrescentes de escala, onde se podem observar os produtos dada uma variância no erro v_i , positiva ou negativa.

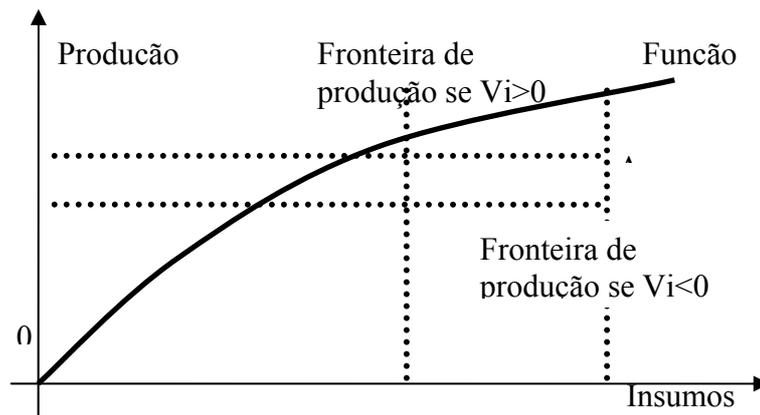


Figura 3: Fronteira Estocástica de Produção.

Na fronteira estocástica, estima-se a equação com os termos aleatórios via máxima verossimilhança e testam-se as hipóteses relativas à estimação. Havendo, de acordo com Greene (1990), problema de definição *a priori* da distribuição do componente do erro que serve para relatar a eficiência da função produção apreciada com o erro da real (U_i).

3.1.2.4. Data Envelopment Analysis - DEA

A análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*) é uma técnica de avaliação da eficiência relativa entre unidades produtivas que executam as mesmas tarefas e possuem objetivos semelhantes, utilizando múltiplos produtos e múltiplos insumos, conforme Charnes et al (1994). O método DEA (não paramétrico) trabalha com a otimização individual de cada observação, tendo como objetivo calcular uma fronteira eficiente determinada pelas unidades que são Pareto-eficientes.

Uma análise DEA, em regra, adota os seguintes procedimentos: (i) verifica-se se as variáveis para *input* e *output* são coerentes, considerando as hipóteses básicas e realizando testes estatísticos; (ii) determina-se a “fronteira de eficiência” a partir do cálculo da eficiência; e (iii) cria-se um valor “virtual” de *input* e *output* de

cada observação para se medir o quão distante este ponto se encontra da “fronteira de eficiência”.

O sucesso da aplicação da técnica do DEA, segundo Golany e Roll (1989) *apud* Niderauer (1998), depende de se garantir que: (i) as unidades sob análise sejam comparáveis, ou seja, realizem as mesmas tarefas e possuam objetivos semelhantes; (ii) as unidades atuem sob as mesmas “condições de mercado”; e (iii) as variáveis, isto é, os insumos e os produtos das unidades sejam as mesmas, exceto em intensidade ou magnitude.

Para verificação destas propriedades, faz-se necessário uma análise de correlação entre as variáveis para a escolha das menos correlacionadas e uma análise de regressão para confirmação se o modelo adotado da função de produção tem significância. Novas técnicas de análise prévia para modelagem são apresentadas em Araújo (2008).

Belloni (2000), resumidamente, diz que uma análise DEA fornece três resultados básicos, que são: (i) a identificação de um conjunto de unidades eficientes (que determinam a fronteira de eficiência); (ii) a medida de ineficiência para cada unidade que não está sobre a fronteira (uma distância à fronteira que representa a potencialidade de crescimento da produtividade); e (iii) as taxas de substituição (pesos) que determinam cada região da fronteira de eficiência e caracterizam as relações de valor que “sustentam” a classificação dessa região como eficiente.

A medida de eficiência pode se dar de várias formas: radial, aditiva, pela média máxima ou pela média mínima. Esta eficiência é medida pela relação da distância do ponto onde se encontra a DMU da fronteira de eficiência. Medidas radiais são utilizadas para o cálculo da eficiência técnica (coeficiente de utilização dos recursos).

Através do conceito de medida radial é possível buscar a máxima redução equiproporcional dos inputs ou a máxima expansão equiproporcional dos outputs (DEBREU, 1951 apud DEA Home Page, 2004).

Os cálculos da eficiência pela medição radial são obtidos pelas Equações 10, 11 e 12:

$$\text{Não orientado: } \max\{\theta/(1-\theta)\bar{X}, (1+\theta)\bar{Y}\} \in K \quad (10)$$

$$\text{Orientado a input: } \min\{\theta/(\theta\bar{X}, \bar{Y}) \in K\} \quad (11)$$

$$\text{Orientado a output: } \max\{\theta/(\bar{X}, \theta\bar{Y}) \in K\} \quad (12)$$

Onde, \bar{X} é o vetor de inputs, \bar{Y} o de outputs, θ é a função de eficiência e K é o domínio da função de produção.

A eficiência (θ) é calculada obtendo-se uma relação entre o vetor de outputs e de inputs, estando situada entre zero e um e é representada pela Equação 13:

$$\theta = \frac{u_0 + u_1 y_1 + \dots + u_n y_n}{v_0 + v_1 x_1 + \dots + v_n x_n} \leq 1,0 \quad (13)$$

Em que: o vetor de *inputs* é $\bar{y}=(y_1, y_2, \dots, y_n)$ e o de *outputs* é $\bar{x}=(x_1, x_2, \dots, x_n)$, u_i são os pesos dos *inputs* e v_i os dos *outputs*.

Dos vários modelos que podem ser utilizados para a técnica DEA, destacam-se o modelo CRS (*Constant Return Scale* - Retornos Constantes de Escala) ou CCR (abreviatura dos nomes de seus criadores Charnes, Cooper e Rhodes), e o modelo VRS (*Variable Return Scale* – Retornos Variáveis de Escala) ou BCC (abreviatura de Banker, Charnes e Cooper).

O modelo CRS permite uma avaliação objetiva da eficiência global e identifica as fontes e estimativas de montantes das ineficiências. O modelo VRS distingue entre ineficiências técnicas e de escala, estimando a eficiência técnica pura, a uma

dada escala de operações, e identificando se apresentam ganhos de escala crescentes, decrescentes e constantes, para futura exploração.

O modelo CCR pode ser usado fixando os *inputs* (CCR-IN) ou os *outputs* (CCR-OUT) para a análise de eficiência. Uma forma dual, que procura minimizar os *inputs* mantendo-se a mesma produção, pode ser aplicada segundo a Equação 14:

$$ERC(\theta) = \frac{\min}{\vec{\lambda}, \theta} \theta \quad (14)$$

Expressão essa, sujeita às restrições expressas pelas Equações 15, 16 e 17:

$$a) Y\vec{\lambda} \geq 0 \quad (15)$$

$$b) \theta \vec{x}_o - X\vec{\lambda} \geq 0 \quad (16)$$

$$c) \vec{\lambda} \geq 0 \quad (17)$$

Onde ERC é a função que mede a eficiência da DMU, minimizando θ (função de eficiência) para um vetor $\vec{\lambda}$ que define os *benchmarks*, segundo as restrições conforme Equações 15, 16 e 17 em que Y e X são respectivamente o vetor de *inputs* e *outputs*.

3.2. Aplicações em Transportes

O *WBI Development Studies* apresenta vários trabalhos de análise de eficiência e produtividade em vários setores, com destaque a utilização das técnicas para regulação do setor de águas, eletricidade e transportes. Os trabalhos relativos a transporte constam da Tabela 1, para se aprofundar, recomenda-se consultar Coelli et al (2003) bem como suas referências.

Tabela 1: Resumo de estudos de produtividade e eficiência em transportes (base COELLI et al, 2003)

Autores	Modo	Aplicação
Campos, Estache e Trujillo (2001)	Ferroviário	Regulação de ferrovias argentinas um estudo de processos, informações e divergências em contabilidades.
Caves e Christensen (1980)	Ferroviário	Estudo da eficiência de operadores privados e públicos em um ambiente competitivo no Canadá
Caves, Christensen e Swanson (1981)	Ferroviário	Estudo da capacidade utilizada, crescimento de produtividade e economias de escala para as ferrovias americanas de 1955 até 1974.
Coelli e Perelman (1999)	Ferroviário	Comparação entre funções de distância paramétricas e não paramétricas com aplicação ao caso das ferrovias européias.
Coelli e Perelman (2000)	Ferroviário	Estudo da eficiência técnica de ferrovias européias por meio de funções de distância.
Cowie e Riddington (1996)	Ferroviário	Estudo quantitativo da eficiência de ferrovias européias.
Dodgson (1985)	Ferroviário	Apresentação de desenvolvimentos teóricos na mensuração da PTF de ferrovias.
Dodgson (1994)	Ferroviário	Estudo das privatizações de ferrovias.
Estache, Gonzalez e Trujillo (2001)	Ferroviário	Estudo de conseqüências das privatizações de ferrovias na eficiência para o caso argentino e brasileiro.
Gathon e Perelman (1992)	Ferroviário	Mensuração da eficiência de ferroviárias européias via dados em painel.
Nash (1985)	Ferroviário	Comparação entre as ferroviárias européias.
Perelman e Pestieau (1988)	Ferroviário	Comparação entre empresas públicas (ferrovias <i>versus</i> serviços de correios).
Coelli, Perelman e Romano (1999)	Aéreo	Estudo do ambiente das companhias aéreas e eficiência técnica em vôos internacionais.
Coto, Bãnos e Rodriguez (2000)	Portuário	Estudos da eficiência econômica de portos espanhóis.
Cullinane e Khanna (1998)	Portuário	Estudo das economias de escala em embarcações de grandes contêineres.
Estache, Gonzalez e Trujillo (2001)	Portuário	Estudo de conseqüências no México das reformas em portos relativo a ganhos de eficiência e na possibilidade de <i>yardstick Competition</i> .
Martinez, Díaz, Navarro e Revelo (1999)	Portuário	Estudo de eficiência de portos espanhóis utilizando DEA.
Roll e Hayuth (1993)	Portuário	Comparação da performance de diferentes portos com o uso do DEA.
Tongzon (2001)	Portuário	Mensuração da eficiência de vários portos com DEA.

Muito embora os trabalhos relatados da Tabela 1 sejam extensos, fica em falta trabalhos relativos a serviços de transportes. Na Tabela 2 constam trabalhos de análise da prestação de serviços de transporte.

Tabela 2: Estudos de produtividade e eficiência em transportes (AZAMBUJA, 2002)

Autores	Modo	Aplicação
Azambuja (2002)	Rodoviário	É uma tese de doutorado em produção da UFSC que análise da eficiência na gestão de transporte por ônibus em municípios brasileiros.
Brons, Nikkamp, Pels, e Rietveld (2005)	Rodoviário	Análise de eficiência dos transportes público via Meta análise.
De Borger, Kerstens e costa (2000)	Rodoviário	Estudo da <i>performance</i> de transportes públicos.
Kerstens (1996)	Rodoviário	Estudo da eficiência técnica do transporte coletivo francês.
Mello, Meza, Gomes, Serapião e Lins (2003)	Aéreo	Estudo, por Análise Envoltória de Dados, da eficiência e dos <i>Benchmarks</i> para Companhias Aéreas Brasileiras.
Sampaio, Sampaio e Sampaio (2006)	Rodoviário	Estudo da eficiência dos transportes coletivos no nordeste brasileiro.
Levaggi (1994)	Rodoviário	Estudo de eficiência do transporte público italiano.
Nolan (1996)	Rodoviário	Análise dos determinantes da eficiência do transporte público.
Fielding, Babitsky e Brenner (1985)	Rodoviário	Avaliação da performance do transporte coletivo por ônibus.
Waisman (1985)	Rodoviário	Avaliação de desempenho de sistemas de ônibus, em cidades de porte médio, em função de sua produtividade, eficiência operacional e qualidade dos serviços.
Viton (1981)	Rodoviário	Construção de uma função Translog para o transporte coletivo.
Tallei e Anderson (1981)	Rodoviário	Análise teórica da eficiência e efetividade dos transportes coletivos.
Silva, Montoya, Castro e Consenza (1996)	Rodoviário	Estudo de funções de produção e de custo para empresas de transporte de passageiros.
Orrico Filho, Brasileiro e Fortes (1996)	Rodoviário	Apresentação de nove caso brasileiro de transporte de pessoas com suas produtividades e competitividade.
Pozdena e Merewitz (1978)	Ferrovário	Estimação de funções de custo para transporte ferroviário de alta velocidade.
Obeng, Assar e Benjamin (1992)	Ferrovário	Menução do PTF de empresas ferroviárias.
Novaes (2001)	Ferrovário	Eficiência do transporte rápido por ferrovias com DEA.

Nota-se um exercício exaustivo de tentativas de mensuração de propriedades produtivas de transporte, principalmente para o caso rodoviário e para o ferroviário. Também se observa muitos trabalhos com o uso da DEA e poucos com métodos paramétricos, isto talvez em face ao problema do volume de dados exigidos para o segundo com relação ao primeiro. Além dos estudos acima, cabe destacar o estudo de comparação da eficiência do metrô de São Paulo em relação a vários metrôs no mundo (NOVAES, 1996), que originou a utilização da técnica DEA em transportes no Brasil. Complementarmente a esse trabalho, existem outros que constam dos Simpósios de Pesquisa Operacional – SBPO e dos Congressos de Pesquisa em Transportes – ANPET, notoriamente para o setor rodoviário e portuário.

3.3.Tópicos Conclusivos

Constata-se que existem muitas aplicações sobre produtividade e eficiência aplicada em transportes e o debate sobre produção está longe de acabar. A hipótese de eficiência, em regra, está associada ao ambiente competitivo do setor. Por outro lado, em função das diversas pesquisas realizadas em transportes com essa temática, vários são os métodos de mensuração utilizados, seja de produtividade, seja de eficiência. Ainda, não existe consenso sobre qual o melhor método, mas há convergência no sentido de que todos os métodos permitem efetuar leituras e conclusões em função da nuance adotada. Os métodos não paramétricos têm a vantagem de não necessitarem de grandes bases de dados. Já os métodos paramétricos possuem a robustez de seus resultados serem estatisticamente testáveis.

4. ESTUDO DE CASO - TRANSPORTE RODOVIÁRIO INTERESTADUAL DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS (TRIP)

4.1. Introdução

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 estabelece, em seu art. 21, inciso XII, alínea “e”, entre as competências da União, a exploração, direta ou mediante autorização, concessão ou permissão, dos serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros. Ainda, em seu art. 175, “incumbe ao Poder Público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos”.

A Lei 10.233/2001 prevê, em seu art. 12, inciso I, que constituem diretrizes gerais da operação do transporte terrestre descentralizar as ações, sempre que possível, promovendo sua transferência a outras entidades públicas, mediante convênios de delegação, ou a empresas públicas ou privadas, mediante outorgas de autorização, concessão ou permissão, conforme dispõe o inciso XII do art. 21 da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 2001). Além disso, a Lei 10.233/2001 estabelece, em seu art. 13, inciso IV, que “as outorgas a que se refere o inciso I do art. 12 serão realizadas sob a forma de permissão, quando se tratar de prestação regular de serviços de transporte terrestre coletivo de passageiros desvinculados da exploração da infraestrutura”. Assim sendo, constata-se que os serviços regulares de transporte rodoviário interestadual de passageiros por ônibus (TRIP) tratam-se de serviços públicos prestados sob o regime de permissão.

As diretrizes gerais sobre permissão de serviços públicos constam da Lei 8.987/1995 (BRASIL, 1995), enquanto que a regulamentação sobre a exploração, mediante permissão, de serviços de transporte rodoviário interestadual de passageiros consta do Decreto 2.521/1998 (BRASIL, 1998)

Os serviços regulares de TRIP no Brasil sempre foram ofertados por empresas privadas sob regime de permissão, mas submetidos a forte intervenção do Estado, devido à relevância da atividade para as relações sociais e econômicas e para o desenvolvimento e a integração regional do País. A remuneração dos serviços é efetuada diretamente pela receita proveniente da tarifa cobrada dos usuários, não havendo liberdade tarifária no âmbito dos serviços de TRIP, mas forte regulação econômica. O modelo de remuneração se baseia no custo do transporte oferecido em regime de eficiência econômica [alocativa e produtiva] segundo a Lei 10.233/2001, associado, de acordo com Orrico Filho e Santos (1996), a uma margem de rentabilidade incidente sobre o capital imobilizado, prudentemente investido e ainda não depreciado.

O tema sobre eficiência e produtividade de empresas em ambiente regulado tem sido amplamente discutido na literatura e com vasta e diversa abordagem metodológica (COELLI et al, 2003), em especial as aplicações no âmbito do transporte de passageiros por ônibus existem diversos estudos nesse sentido, destacando-se: Merewitz (1977); Else (1985); Obeng (1985); Hensher (1987); White et al. (1992); Holvad et al (2004). Outros adotaram o método da análise envoltória de dados (DEA), tais como: Viton (1998) e Odeck e Alkadi (2001).

Apesar dessa diversidade de pesquisas, há poucos estudos de âmbito nacional, sobre análise de eficiência e produtividade de empresas de TRIP no Brasil utilizando a técnica de análise envoltória de dados (DEA). A técnica tem sido aplicada no Brasil em diferentes modos de transporte, sendo de interesse direto ao presente trabalho os estudos de Novaes e Medeiros (2008) e de Araújo, Martins e Da Silva (2008), que analisaram a eficiência e produtividade de empresas de TRIP no Brasil referente ao exercício de 2006.

O presente estudo, nesse escopo, tem o objetivo de avaliar, para o período 2005-2010, a eficiência produtiva de empresas que ofertam os serviços regulares de TRIP no Brasil, operados com ônibus do tipo rodoviário em percursos com distância superior a 75 km, utilizando método não paramétrico com base na técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA). Esta decisão foi tomada pelo fato de o DEA ter uma forte fundamentação teórica, ser largamente utilizado para este fim, apresentando resultados fidedignos à realidade, mesmo com bases de dados pequenas que poderiam resultar em estimativas estatisticamente inconsistentes do ponto de vista assintótico. Na sequência, apresenta-se a metodologia adotada e análise dos resultados obtidos referente às informações de produção de 127 empresas de TRIP.

4.2. Metodologia, Aplicação e Resultados

A metodologia proposta neste trabalho visa identificar empresas com padrões operacionais eficientes, em termos de custos, que ofertam os serviços regulares de TRIP no Brasil, operados com ônibus do tipo rodoviário. A Figura 4 apresenta a sequência da metodologia desenvolvida com suas respectivas etapas e procedimentos.

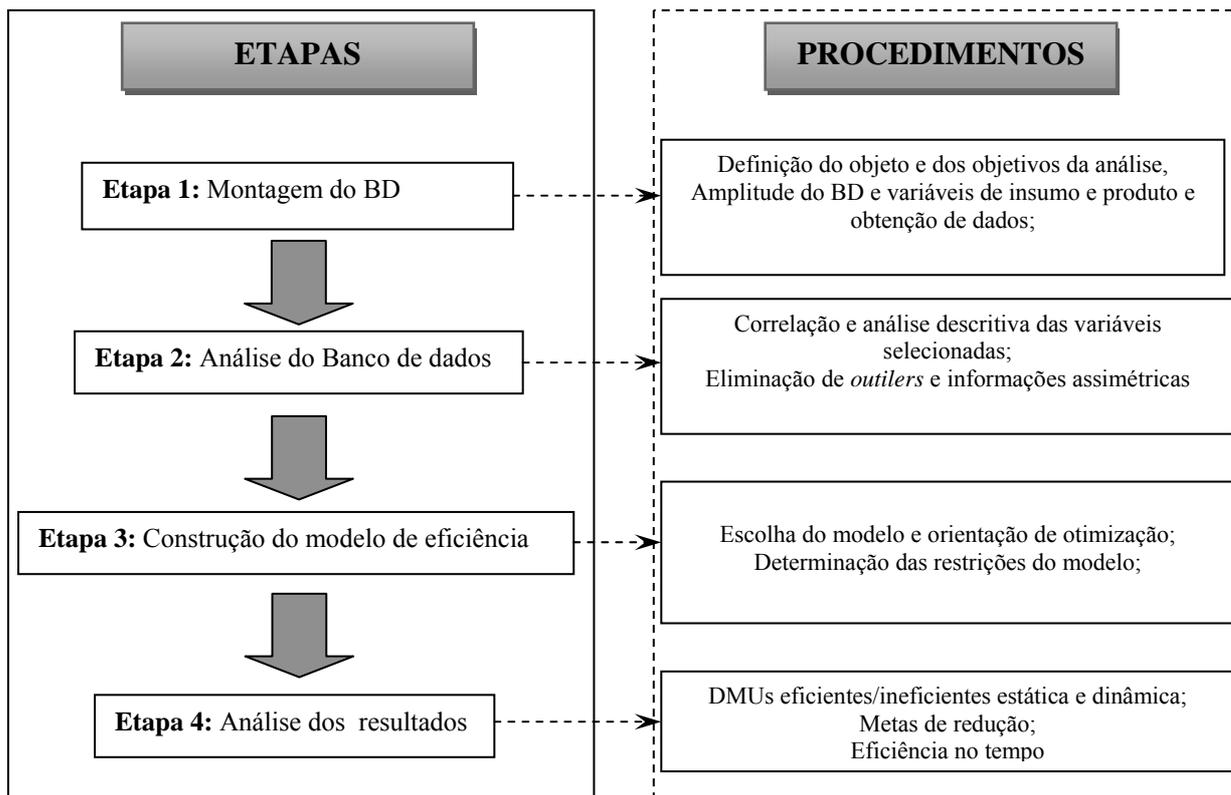


Figura 4: Metodologia

Etapa 1: Montagem do BD

O objetivo do estudo é analisar a eficiência e produtividade dinâmica e estática das empresas que operam o transporte interestadual de passageiros no Brasil. Para isso foi necessário a obtenção de um banco de dados junto à Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), que contivesse as informações suficientes para isso.

O BD adquirido continha inicialmente as variáveis:

- **Passageiro-quilômetro (PASS-KM):** representa a produção das empresas ao longo do ano;
- **Passageiros (PASS):** corresponde ao número total de passageiros transportados em cada ano;
- **Frota (FT):** indica a quantidade de ônibus que as empresas declaram ter no ano em análise;

- **Motoristas (MT):** indica a quantidade de motoristas que as empresas têm no ano;
- **Viagens (VG):** representa o somatório de todas as viagens realizadas por todos os ônibus de cada empresa ao longo do ano.

As duas primeiras variáveis (PASS-KM e PASS) representam dentro da análise, variáveis de produto e as outras três (FT, MT e VG) representam os insumos do processo, ou seja, são elas as fontes para que se obtenham os produtos.

Essas variáveis foram selecionadas baseadas na ampla quantidade de estudos mencionados que consideraram essas variáveis com potencial explicativo para o processo de eficiência do sistema. Além disso, as dificuldades em se obter outras variáveis para uma seleção mais minuciosa foi decisivo para escolha das variáveis PASS-KM, PASS, FT, MT e VG.

Para essas variáveis, foram obtidos 7 anos de observações de 2005 a 2010. Essa sequência de exercícios foi definida basicamente pela disponibilidade de informações no âmbito da agência. Quanto maior e sequencialmente possível for o BD, maior consistência e robustez terão as análises dinâmicas de eficiência e produtividade, de forma a subsidiar inferências e conclusões ao longo do tempo sobre o sistema.

A quantidade de empresas que forneceram dados no período selecionado inicialmente foi de 275. Essa quantidade foi reduzida para 168 empresas, pois havia empresas que não possuíam informações sobre as variáveis selecionadas em todos os anos.

Novo corte foi efetuado para as empresas que operam com distâncias inferiores a 75 km, pois abrangem o serviço semiurbano. Optou-se por retirar essas

empresas, na medida em que possuem padrões operacionais diferentes das empresas que operam em longas distâncias.

O transporte de longa distância é operado por ônibus do tipo rodoviário, em percursos com extensão acima de 75 km, e permite a venda antecipada de bilhetes de passagem, transporta passageiros somente sentados e demanda veículos de características específicas, tais como, poltronas acolchoadas, reclináveis, bagageiros, entre outras (ANTT, 2012).

Já os ônibus que operam no semiurbano são diferentes daqueles usualmente utilizados no transporte rodoviário interestadual de passageiros. Isso porque o semiurbano possui características de transporte urbano, ocorre em rotas com extensão de até 75 km, permite viagens de passageiros em pé e adota ônibus com catraca ou similar (ANTT, 2012). A adoção de linhas menores que 75 km poderia causar viés nas análises. Assim, eliminaram-se mais 32 empresas, restando 136 firmas.

O processo de montagem do BD resultou em uma análise que será realizada com 5 variáveis, sendo duas de produto e três de insumo, sete anos de observações e 136 empresas que operam no sistema.

Etapa 2: Análise do BD

Reunidas as informações para compor o BD, a Etapa 2 consistiu em efetuar estatísticas descritivas (média, valores máximos e mínimos, mediana, quartis, o *boxplot* para a identificação de *outliers* etc.) para conhecer o comportamento das unidades em relação a cada variável. A correlação das variáveis do BD tem o objetivo de verificar possíveis inconsistências nas informações obtidas ou até mesmo comportamentos atípicos com relação à amostra. Esse procedimento

permite eliminar as DMUs (unidade análise, no caso as empresas) e/ou variáveis que possam comprometer o estudo.

Além disso, serão definidas as variáveis representativas para o estudo, restringindo dentre a gama de informações, constantes do BD, aquelas que não fogem aos pressupostos dos modelos DEA, a saber: realização das mesmas tarefas e objetivos semelhantes entre as DMUs; as DMUs atuem sob as mesmas “condições de mercado”; e os insumos e os produtos das unidades sejam os mesmos, exceto em intensidade ou magnitude para todos os anos de análise.

Iniciando a análise do BD, observou-se que os anos de 2007 e 2010 faltavam diversas informações das empresas sobre as variáveis selecionadas. Atendendo os pressupostos DEA e os objetivos da análise, decidiu-se eliminar esses dois anos e preservar uma maior quantidade de empresas (DMUs), representando melhor a análise do sistema.

Depois do corte das observações, iniciou-se a análise das variáveis que comporão o modelo. Ao final as 5 variáveis escolhidas foram: 2 representando os produtos do processo (PASS-KM e PASS) e 3 representando as entradas, ou insumos, do processo (FR, MT e VG).

Fazendo uma análise de correlação entre essas variáveis (vide Tabela 3) percebe-se que as variáveis de produto, em todos os anos observados, possuem alta correlação. Isso se dá devido a variável PASS ser componente da variável PASS-KM, que é um produto daquela pela quantidade de quilômetros percorrida pela frota de cada empresa. Como a variável PASS-KM representa a produção do serviço de TRIP ou o momento de transporte, decidiu-se mantê-la no modelo. Da mesma forma, procedeu-se à análise para as variáveis de insumo: FR, MT e VG. Observam-se ainda da Tabela 3 que essas três variáveis, ao longo dos anos,

registram altas correlações, indicando que têm grau semelhante de explicação de eventos. Isto significa que eleger uma a outra variável faria com que os resultados para análise fossem semelhantes. Desse modo, optou-se por selecionar *ad-hoc* duas variáveis para representar os insumos no modelo: frota (FR) e motoristas (MT). Isso porque FR representa o capital imobilizado das empresas, enquanto que MT representa a mão de obra utilizada no processo.

A variável PASS-KM é obtida a partir do somatório da multiplicação do número de passageiros transportados em cada ligação, representada pelo par ordenado das localidades de origem e de destino, pela distância em quilômetros entre essas localidades.

Essas decisões se baseiam nos conceitos de economia aplicados a transportes (HENSHER e BREWER, 2001; RUS, CAMPOS e NOMBELA, 2003), em que as informações referentes a passageiros-quilômetros (PASS-KM) podem ser adotadas como *proxy* de faturamento; enquanto a frota representa o capital imobilizado e o número de motoristas se refere à mão de obra utilizada.

O passo seguinte é fazer uma análise das variáveis ano a ano usando estatística descritiva (desvio padrão, variância, valores médios, máximos e mínimos, etc) de modo a conhecer melhor as variáveis e identificar possíveis inconsistências. A Tabela 4 mostra os valores encontrados.

Tabela 3: Resultado da correlação entre as variáveis, período 2005-2010

2005						2006					
	PASS-KM	PASS	FR	MT	VG		PASS-KM	PASS	FR	MT	VG
PASS-KM	1,00	-	-	-	-	PASS-KM	1,00	-	-	-	-
PAS	0,79	1,00	-	-	-	PAS	0,80	1,00	-	-	-
FR	0,93	0,70	1,00	-	-	FR	0,92	0,74	1,00	-	-
MT	0,86	0,85	0,82	1,00	-	MT	0,90	0,84	0,88	1,00	-
VG	0,82	0,95	0,76	0,86	1,00	VG	0,82	0,97	0,78	0,86	1,00
2008						2009					
	PASS-KM	PASS	FR	MT	VG		PASS-KM	PASS	FR	MT	VG
PASS-KM	1,00	-	-	-	-	PASS-KM	1,00	-	-	-	-
PAS	0,78	1,00	-	-	-	PAS	0,76	1,00	-	-	-
FR	0,94	0,80	1,00	-	-	FR	0,94	0,79	1,00	-	-
MT	0,90	0,77	0,96	1,00	-	MT	0,93	0,76	0,96	1,00	-
VG	0,88	0,93	0,87	0,83	1,00	VG	0,84	0,93	0,87	0,83	1,00
2010											
	PASS-KM	PASS	FR	MT	VG						
PASS-KM	1,00	-	-	-	-						
PAS	0,75	1,00	-	-	-						
FR	0,95	0,80	1,00	-	-						
MT	0,92	0,74	0,97	1,00	-						
VG	0,86	0,94	0,86	0,81	1,00						

Antes de executar essa análise identificaram-se, porém, seis empresas que possuíam valores muito discrepantes de um ano para outro, indicando uma inconsistência dos dados, o que poderia comprometer as análises, sendo eliminadas do BD. Além disso, em uma primeira análise dos valores máximos e mínimos das variáveis em cada ano, pode-se notar que três empresas possuíam valores muito baixos de frota e de motoristas (1 ônibus e 1 motorista). Efetuou-se, então, um teste para verificação se essas empresas dominariam a fronteira de eficiência, constatando-se que 90% das empresas ineficientes tiveram essas 3 empresas eficientes como gerência, indicando uma dominância de fronteira. Decidiu-se retirá-las do BD.

Com o BD pronto, iniciou-se a análise descritiva dos dados para 127 empresas, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Estatística descritiva das variáveis - período 2005-2010 para 127 empresas.

Estatística	2005 PASS-KM	2006 PASS-KM	2008 PASS-KM	2009 PASS-KM	2010 PASS-KM
Média	1,3E+08	1,2E+08	1,3E+08	1,2E+08	1,3E+08
Mediana	2,5E+07	2,4E+07	2,3E+07	2,4E+07	2,4E+07
Modo	-	-	-	-	-
Desvio padrão	3,3E+08	3,2E+08	3,6E+08	3,1E+08	3,1E+08
Variância	1,1E+17	1,0E+17	1,3E+17	9,3E+16	9,5E+16
Mínimo	1,2E+05	1,2E+05	1,9E+04	2,9E+04	2,4E+04
Máximo	2,6E+09	2,5E+09	3,1E+09	2,3E+09	2,4E+09
Contagem	127,0	127,0	127,0	127,0	127,0
Estatística	2005 FR	2006 FR	2008 FR	2009 FR	2010 FR
Média	51,9	59,0	72,2	76,7	83,5
Mediana	16,0	17,0	21,0	22,0	24,0
Modo	3,0	4,0	4,0	4,0	15,0
Desvio padrão	123,3	132,8	151,4	161,5	173,1
Variância	15.214,3	17.625,8	22.929,2	26.068,0	29.978,1
Mínimo	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Máximo	849,0	932,0	1.008,0	1.118,0	1.118,0
Contagem	127,0	127,0	127,0	127,0	127,0
Estatística	2005 MT	2006 MT	2008 MT	2009 MT	2010 MT
Média	55,0	66,3	97,7	113,2	137,5
Mediana	19,0	22,0	31,0	36,0	44,0
Modo	2,0	2,0	3,0	14,0	7,0
Desvio padrão	99,4	127,2	206,5	244,7	304,3
Variância	9.871,5	16.173,5	42.648,5	59.896,8	92.589,2
Mínimo	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0
Máximo	683,0	928,0	1.327,0	1.538,0	1.995,0
Contagem	127,0	127,0	127,0	127,0	127,0

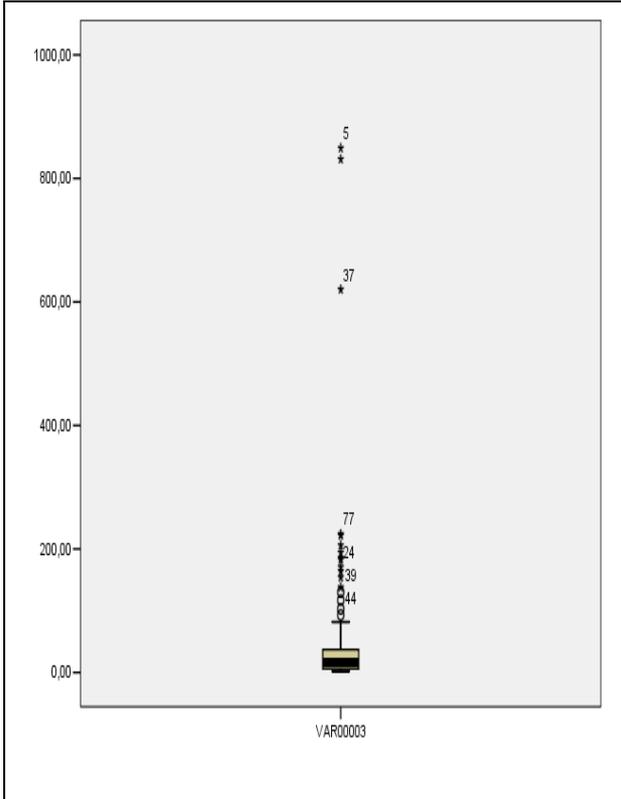
Observa-se que ao longo dos anos a média da frota das empresas e a média do número de motoristas das empresas aumentaram, indicando que houve investimentos com aquisição de ônibus e contratação de mão de obra por parte das empresas, induzidas por um possível aumento de demanda por esse tipo de serviço ou por aumentar a base de remuneração em função de os serviços regulares estarem submetidos à regulação econômica por custo do serviço, caracterizando, neste caso, o efeito Averch e Johnson.

Com relação à variável PASS-KM, nota-se uma oscilação da média indicando para cada ano, ora maiores e menores demandas, ora maiores e menores distâncias percorridas em função do aumento ou redução da quantidade de viagens realizadas, ou ambos os casos. Cabe mencionar que o aumento de demanda não necessariamente impõe aumento de frota e, conseqüentemente, de viagens, na medida em que eventual aumento pode ser absorvido pela capacidade instalada ociosa, ou seja, assentos ofertados e não ocupados.

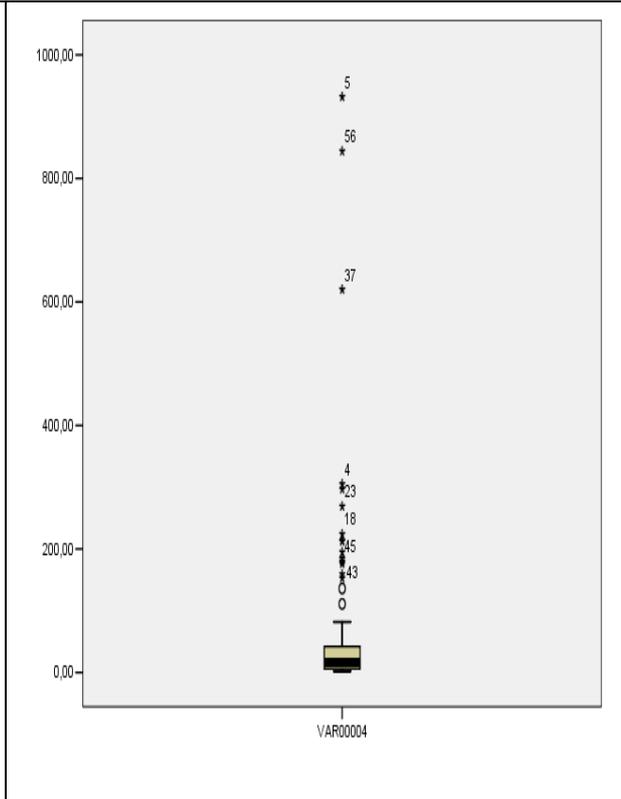
Os elevados valores correspondentes às variâncias e aos desvios-padrão, para cada uma das variáveis representadas na Tabela 4, indicam a diferenciação existente entre as empresas em termos de quantidade de mercados atendidos e sua relevância e materialidade, e em termos do tamanho das firmas em função da frota e do número de motoristas empregados. A diferença de escala sugere um possível agrupamento por empresas de grande, médio e pequeno porte para poder satisfazer os pressupostos de que as DMUs, em um modelo DEA, devem realizar tarefas similares e terem objetivos e “condições de mercado” semelhantes.

Pelos valores máximos e mínimos, nota-se que existe uma grande amplitude de empresas: de pequenas a grandes, em função do tamanho da frota. Pode-se visualizar isso por meio de *boxplot* feito para a variável frota, que indica o porte de cada empresa. A Figura 5 mostra esses gráficos.

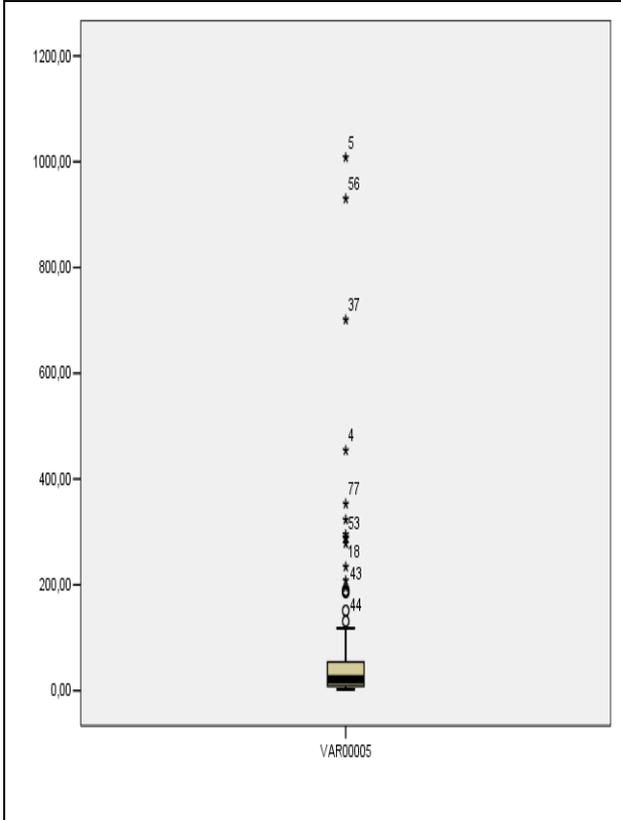
Existem empresas que têm portes bem diferentes da média e que poderiam ser retiradas da amostra, no entanto, foi decidido que essas empresas permaneceriam no BD, pois são empresas que apesar de serem grandes não dominam a fronteira, como aconteceu com as empresas pequenas, retiradas anteriormente. Além disso, as empresas grandes que forem eficientes servirão de referências para outras empresas grandes e médias.



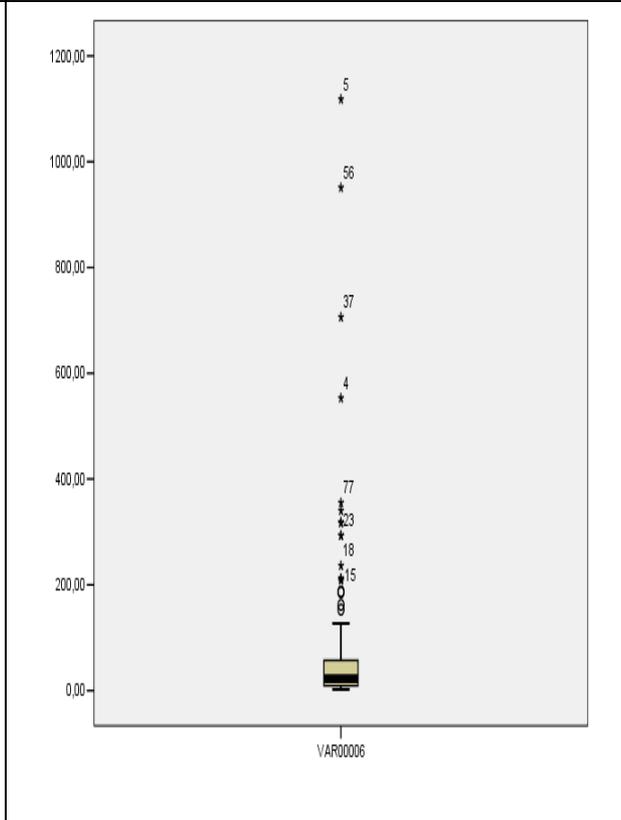
FR 2005



FR 2006



FR 2008



FR 2009

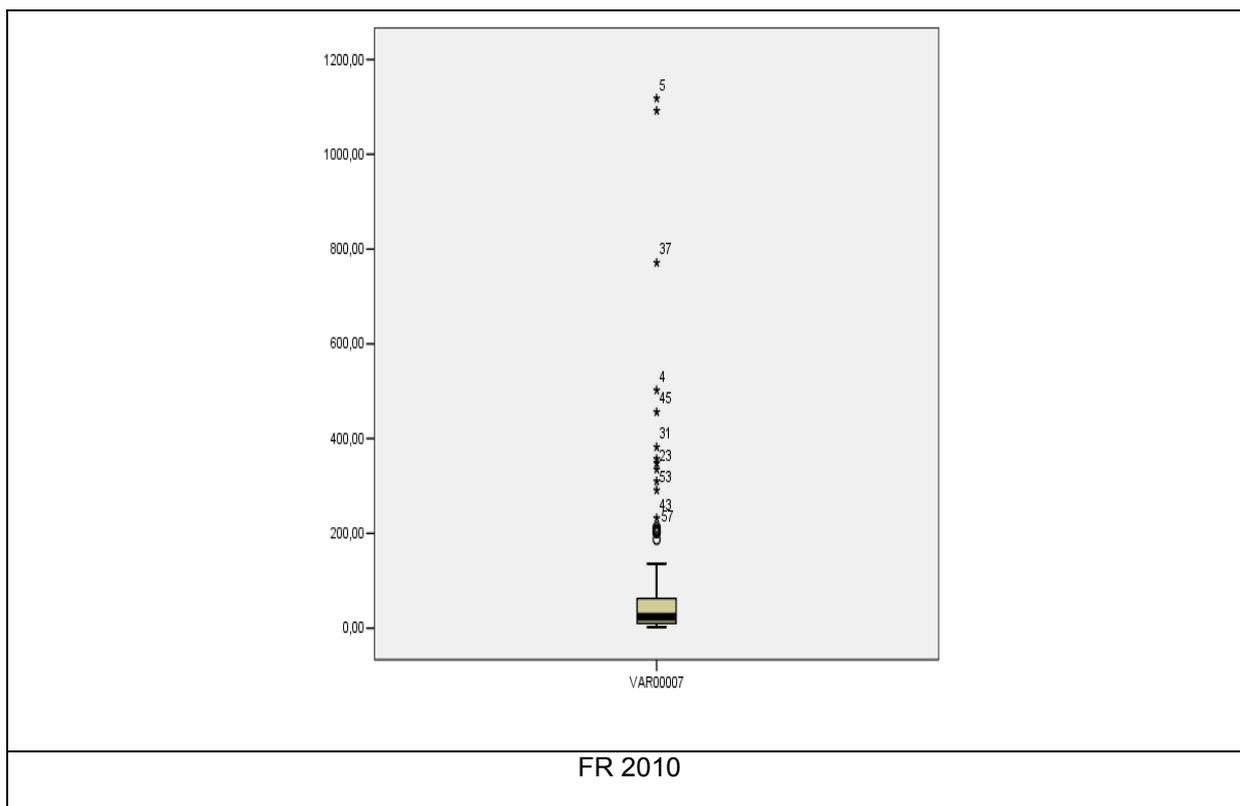


Figura 5: Boxplot da variável FR - período 2005-2010 para 127 empresas

O BD, ao fim desse procedimento, ficou composto com informações de 127 empresas (DMUs) e três variáveis, sendo duas referentes a insumos (capital investido – frota e mão de obra – motoristas) e uma relativa a produto (faturamento – PASS-KM).

Etapa 3: Construção do modelo de eficiência

Para a modelagem do trabalho foi utilizado o modelo BCC orientado a insumos, conforme Equação 18:

$$Eficiência = \frac{\beta_1 * pass.km}{\beta_2 * frota + \beta_3 * motoristas} \quad (18)$$

A utilização desse modelo se deve aos diferentes portes das empresas de transporte analisadas, pois o modelo BCC impede que empresas de grande porte, que apresentem valores em magnitude maior nas variáveis do modelo, sejam beneficiadas em relação a empresas de pequeno porte.

O modelo BCC possibilita, considerando os cuidados na seleção de variáveis, identificar, isolar e analisar grupos de empresas tanto quanto forem possíveis, face o porte das firmas. Isso permite verificar a eficiência da empresa, de acordo com a alocação dos insumos e/ou produtos dentro do grupo ao qual o modelo a inseriu, e o *benchmarking* será as empresas que compõem o grupo da empresa de melhor eficiência. Isso retirará distorções ao homogeneizar a medida relativa ao porte das empresas. Some-se a isso que vários trabalhos utilizaram dessa modelagem para o transporte de passageiros, tais como: Merewitz (1977); Else (1985); Obeng (1985); Hensher (1987); White et al (1992); Holvad et al (2004); Novaes e Medeiros (2008) e de Araújo, Martins e Da Silva (2008), sendo estes dois últimos desenvolvidos para o caso brasileiro.

Outra parte importante para construção do modelo é a restrição aos pesos que se deve fazer de modo a impedir que se atribuam valores zero a alguma variável. O fato de se atribuir valores zeros às variáveis para tornar a DMU eficiente indica que tal variável não seria importante para o modelo, o que iria de encontro com os pressupostos da modelagem DEA, anteriormente mencionados.

Optou-se por determinar uma faixa de segurança para os insumos com valores máximos e mínimos observados da relação entre as variáveis motoristas e frota. A Tabela 5 mostra esses valores.

Tabela 5: Relação MT/FR - período 2005-2010 para 127 empresas

ANO	2005	2006	2008	2009	2010
MT/FR					
Maior Valor	11	11,67	13,33	13,67	17
Menor Valor	0,13	0,13	0,15	0,17	0,25

Assim, conforme a Tabela 5, determinou-se que os pesos ficariam limitados na faixa de relação mais baixa 0,13 e maior relação 17. Essa restrição foi utilizada para todos os anos, a fim de permitir um mesmo padrão de análise para todos os anos.

Etapa 4: Análise dos resultados

- Análise da eficiência

De posse do BD, do modelo e de suas restrições, puderam-se iniciar as análises de eficiência das empresas que atuam no TRIP. Foi construída uma fronteira de eficiência para cada ano de observações (2005-2010).

A Figura 6 mostra a evolução no tempo da eficiência e das variáveis que compõem o modelo de eficiência utilizado. A Figura 6a mostra que de 2005 a 2006 houve um aumento de quatro pontos percentuais na eficiência média das empresas que operam no TRIP. De 2006 a 2009, os valores médios das eficiências se mantiveram próximos, havendo uma queda de praticamente 11 pontos percentuais na eficiência em 2010. Interessante notar que houve um crescimento nas variáveis de insumo do modelo de eficiência, FR e MT, ou seja, um aumento nos investimentos e na contratação de mão de obra por parte das empresas, elevando as médias dos insumos, conforme Figuras 6b e 6c. Porém, a eficiência no fornecimento do serviço não acompanhou o mesmo ritmo.

A variável PASS-KM, *proxy* de faturamento, oscila entre máximos e mínimos ao longo do tempo. Esta é uma variável intimamente ligada à demanda e à distância percorrida. Então, se ocorre algo que afeta a demanda, como por exemplo, um número de feriados maior ou mesmo passagens promocionais ofertadas pelas empresas do TRIP ou por outros modos de transporte, pode ocasionar variação na procura e na oferta de viagens afetando para mais ou para menos a distância total percorrida por cada empresa.

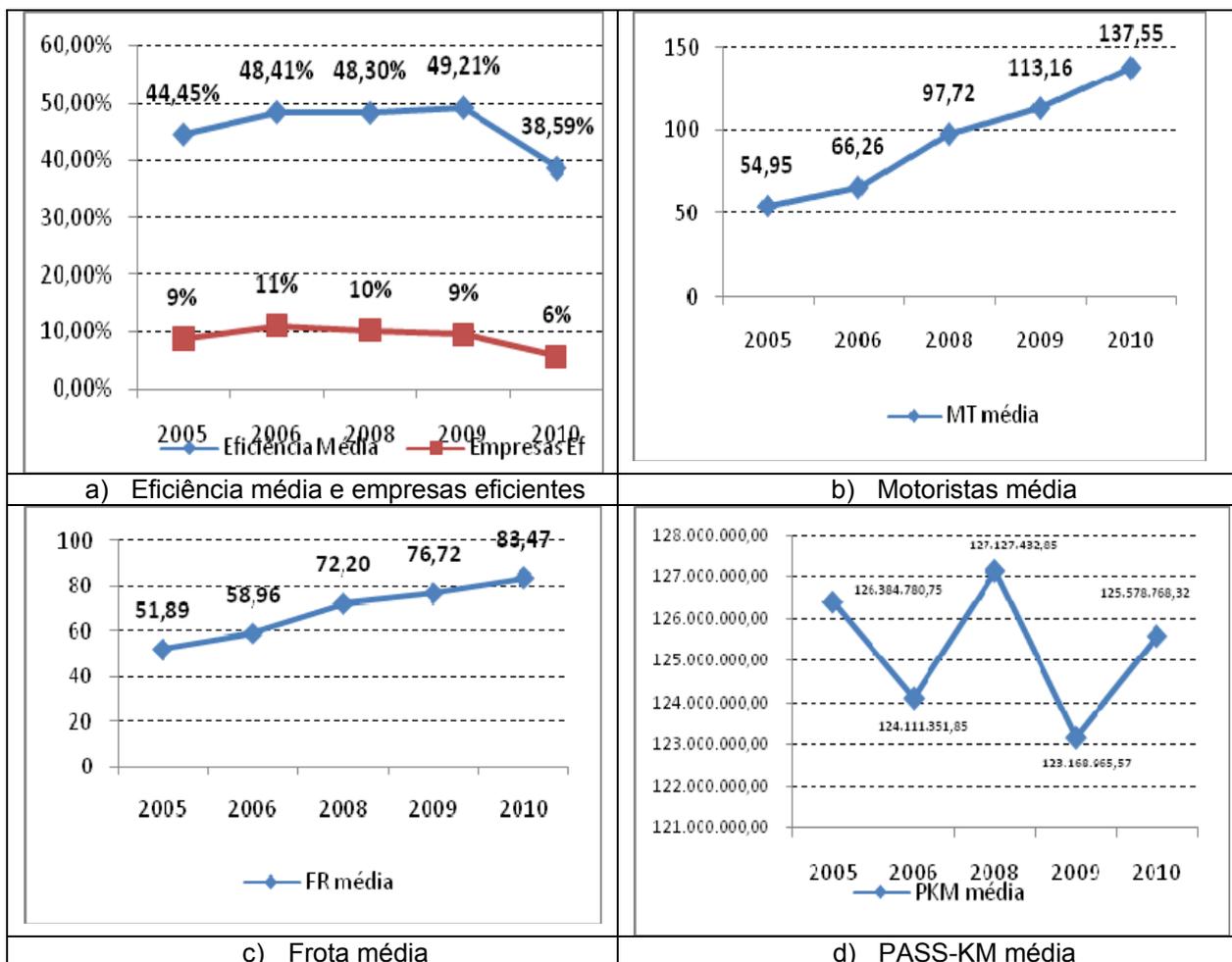


Figura 6: Evolução da eficiência e das variáveis no tempo

Outro fator que pode estar relacionado a um não acompanhamento linear da variável PASS-KM com os investimentos é que não necessariamente o aumento de frota foi induzido pelo aumento de passageiros transportados no sistema interestadual, mas para atender a procura por serviço de fretamento contínuo e fretamento eventual ou turístico, além do serviço de transporte rodoviário intermunicipal de passageiros, na medida em que os ônibus não estão vinculados a determinados mercados.

Isso posto, pode-se inferir que as empresas que operam no sistema estão alocando de forma ineficiente o seu capital imobilizado, representado pela frota, e sua mão de obra, correspondente ao número de motoristas.

- Benchmarks

A Figura 6a mostra que entre 6% e 11% das empresas analisadas no período abordado formaram a fronteira de eficiência, servindo de referência, ou *benchmarks* para empresas que se mostraram ineficientes. As Tabelas 6 a 10 indicam quais empresas foram eficientes em cada ano, o número de vezes que serviram de referência para outras empresas e o porte de cada uma em termos de frota, em vista da importância de terem capacidade de ofertar assentos para prestar o serviço regular de TRIP, em especial quando do aumento eventual de demanda ou do crescimento do mercado definido no Decreto 2.521 (BRASIL, 1998) como sendo o núcleo de população, local ou regional, onde há potencial de passageiros capaz de gerar demanda para a exploração econômica de uma ligação, de maneira isolada ou combinada com outras ligações.

Tabela 6: Empresas eficientes em 2005

Empresas Eficientes 2005	DMU 1	DMU 5	DMU 15	DMU 37	DMU 42	DMU 71	DMU 81	DMU 90	DMU 103	DMU 112	DMU 123
N° de vezes como referência	14	9	10	1	0	56	34	27	41	29	66
Frota	35	849	185	620	62	2	4	19	2	18	3

Tabela 7: Empresas eficientes em 2006

Empresas Eficientes 2006	DMU 1	DMU 5	DMU 15	DMU 42	DMU 56	DMU 62	DMU 63	DMU 71	DMU 81	DMU 90	DMU 103	DMU 112	DMU 119	DMU 123
N° de vezes como referência	17	9	10	2	1	4	9	37	48	10	56	43	15	43
Frota	69	932	185	62	844	5	13	2	4	19	2	22	4	4

Tabela 8: Empresas eficientes em 2008

Empresas Eficientes 2008	DMU 5	DMU 15	DMU 16	DMU 30	DMU 42	DMU 59	DMU 62	DMU 63	DMU 90	DMU 96	DMU 97	DMU 103	DMU 112
N° de vezes como referência	10	13	6	25	1	18	10	14	29	43	59	61	9
Frota	1008	187	42	20	64	3	5	32	19	4	21	2	34

Tabela 9: Empresas eficientes em 2009

Empresas Eficientes 2009	DMU 5	DMU 15	DMU 30	DMU 42	DMU 59	DMU 62	DMU 90	DMU 97	DMU 103	DMU 112	DMU 120	DMU 125
N° de vezes como referência	5	19	25	5	11	13	15	19	55	22	55	17
Frota	1118	187	20	64	3	5	19	21	2	35	5	4

Tabela 10: Empresas eficientes em 2010

Empresas Eficientes 2010	DMU 5	DMU 15	DMU 59	DMU 90	DMU 103	DMU 112	DMU 127
N° de vezes como referência	4	17	31	34	35	60	88
Frota	1118	187	3	19	2	35	3

De início, é notório que em cada ano uma quantidade maior ou menor de empresas compõe a fronteira de eficiência, devido aos ajustes que cada uma faz para tentar melhorar seu desempenho. Além disso, observa-se que a fronteira de eficiência ao longo no período analisado foi composta por empresas de tamanhos diversos, desde empresas com frota de mais de 1.000 (mil) ônibus, até empresas com apenas dois ônibus. Isso se deve à escolha de um modelo que se adéqua a tamanhos diferentes de DMUs em que a fronteira de eficiência é convexa fazendo com que tanto empresas pequenas possam ser eficientes quanto empresas de maior porte.

Nesse escopo, o resultado constante da Tabela 4, em que se observa medianas da frota variando entre 16 e 24 ônibus, aponta para o fato de que, em geral, as empresas com menor quantidade de ônibus têm aparecido mais vezes como referência do que as de maior porte. Isso se deve ao fato de que as empresas ineficientes procuram se projetar próximas a empresas eficientes com padrões ou tamanhos semelhantes, sendo natural que elas procurem referências em seus semelhantes. Uma consequência disso é a formação de grupos de empresas

eficientes / ineficientes, de tamanhos diferentes, que podem ser tratadas de forma diferenciada pelo tomador de decisão.

Merece ressaltar que o nível de adequação da oferta de serviços à demanda do mercado é relevante para a eficiência operacional da empresa, sendo representado pela razão entre a quantidade de PASS-KM e o número de assentos x quilômetros (assentos-km) denominada de índice de aproveitamento padrão (IAP). A Secretaria de Acompanhamento Econômico do Ministério da Fazenda (SEAE /MF, 2000), ao analisar os dados referentes à 10 linhas de serviços regulares de TRIP, com intuito de estabelecer parâmetros de eficiência no setor, com base no conceito de *yardstick competition* associado ao de sistema *hub and spoke*, concluiu que na maioria dos mercados abordados ocorreu erros gerenciais das empresas, tanto no que se refere ao excesso de oferta, pois as empresas aumentaram demasiadamente as viagens enquanto a demanda permaneceu praticamente constante, quanto à realização de viagens extraordinárias além do limite da frequência mínima definida pelo Poder Concedente. Além disso, a SEAE/MF (2000) também verificou erros gerenciais no que tange a um melhor aproveitamento das áreas de baixa demanda com as áreas de alta demanda da linha, ou seja, uma utilização ineficiente do sistema *hub and spoke*.

Ainda sobre as Tabelas 6 a 10, nota-se que cinco empresas (ou DMUs) em todos os anos se mantiveram na fronteira de eficiência: DMU 5, 15, 90, 103 e 112. De certa maneira, elas conseguiram alocar seus recursos de forma eficiente, independente da variação do faturamento ao longo dos anos. Esse aspecto pode auxiliar o regulador no caso de utilização de regulação por comparação (*yardstick competition*), mediante empresas de referência espelho ou virtual ou outras empresas ofertantes do serviço regular de TRIP (*benchmarking*) ou, ainda, por meio

de empresa incumbente de referência mais eficiente, e suas consequências financeiras, tal como afirmado por Marques (2005). Esse método de regulação econômica, segundo Marques (2005), pode estimular a melhoria da eficiência da empresa regulada, no presente caso, de permissionárias de serviços regulares de TRIP, com base em informações obtidas de outras empresas desse segmento de transporte.

- Metas de redução

As empresas ineficientes do sistema, a fim de se tornarem eficientes, precisam alcançar padrões operacionais que as conduzam à fronteira de eficiência. O modelo DEA apresentado indica que o quanto cada empresa deve reduzir em seus insumos para alcançar essa fronteira. Além disso, algumas empresas mesmo reduzindo os insumos são capazes de expandir seu faturamento (variável PASS-KM) representado pelo gráfico das folgas, calculadas pelo modelo adotado. As Figura 7 e Figura 8 e Figura 9 ajudam a visualizar essas reduções e folgas para todas as empresas, ano a ano.

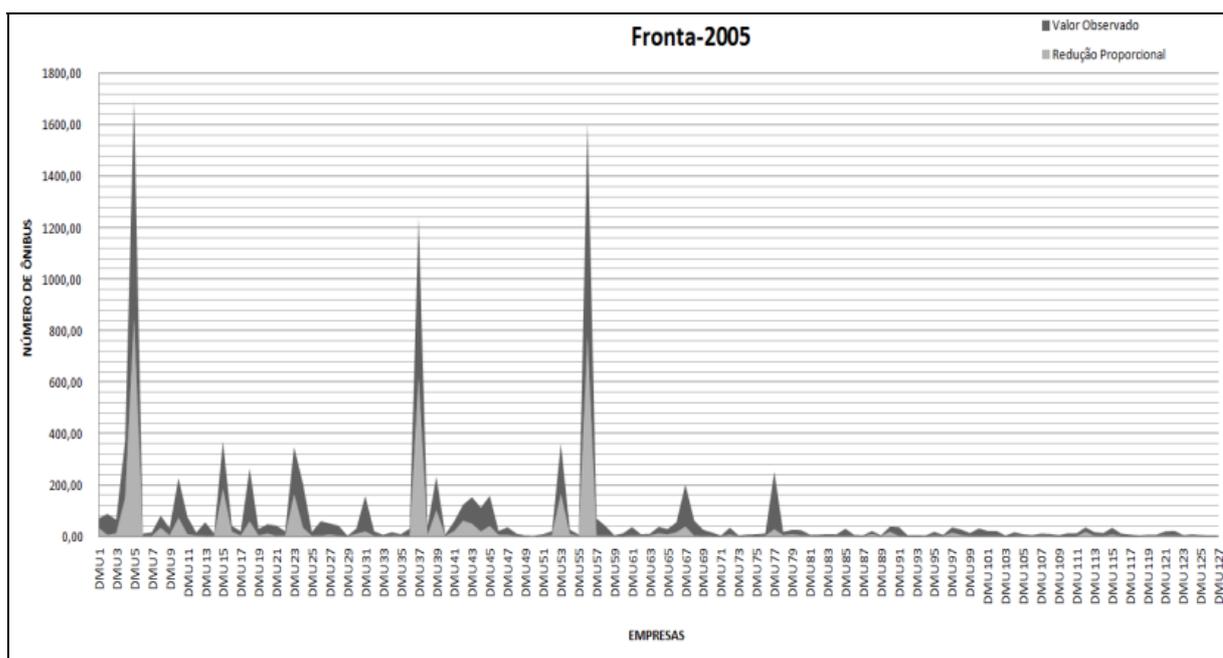


Figura 7: Metas de redução para Frota – ano 2005

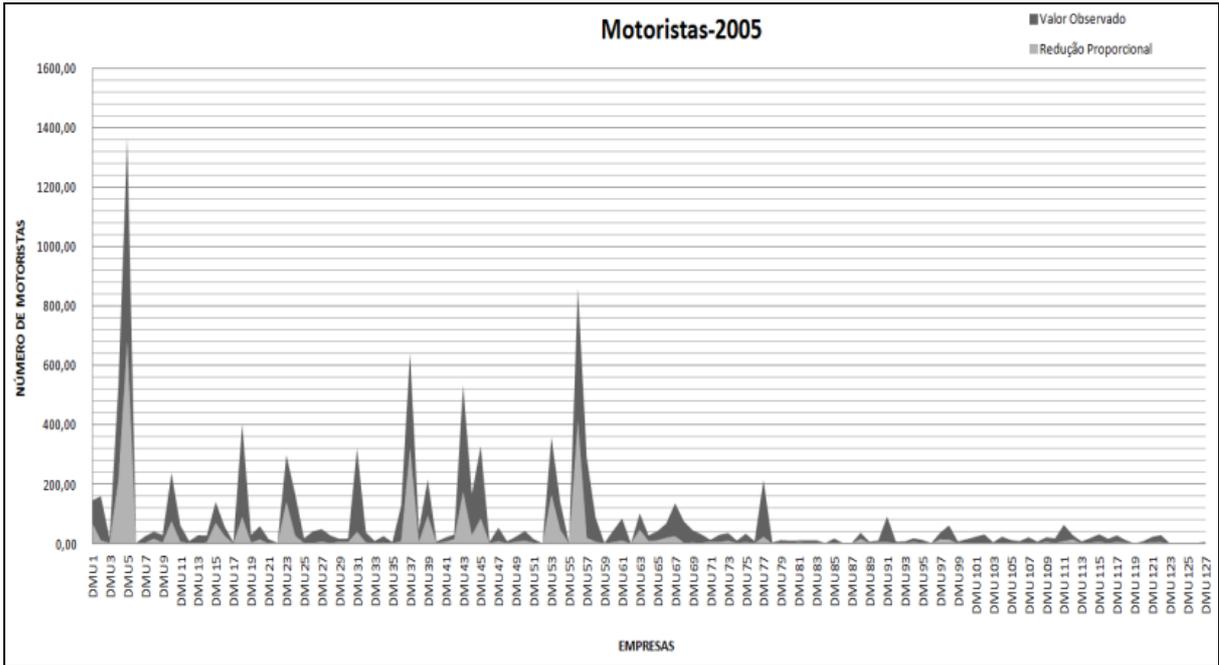


Figura 8: Metas de redução para Motorista – ano 2005

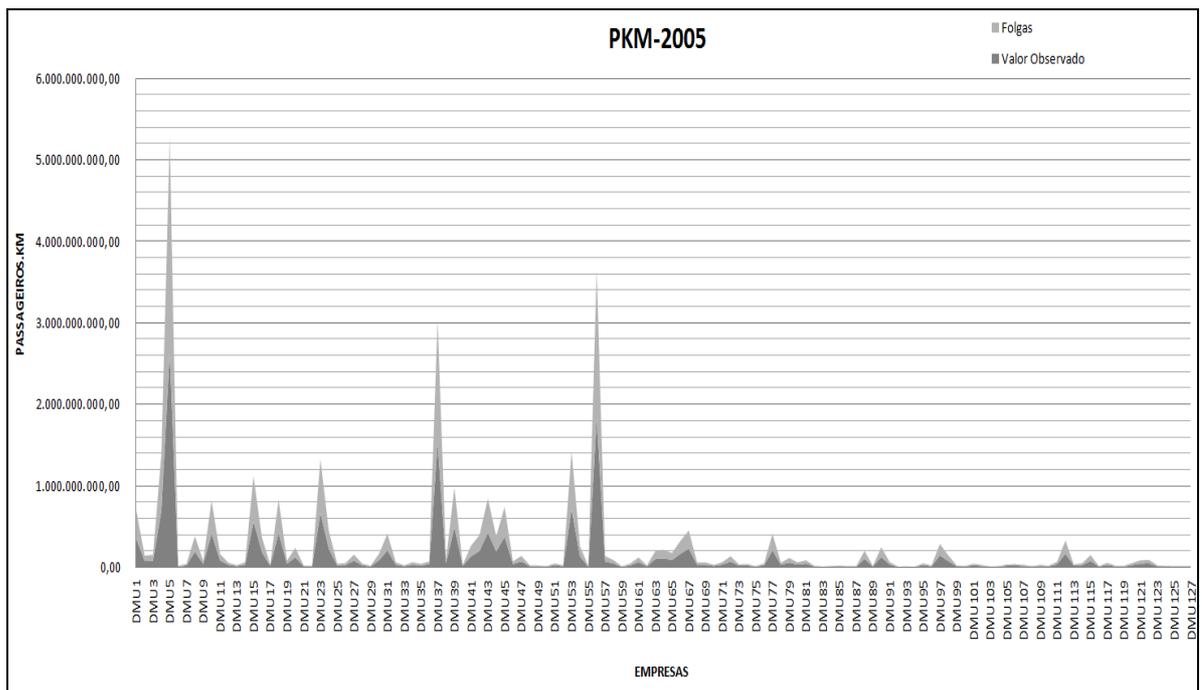


Figura 9: Folgas PASS-KM – ano 2005

Para cada ano há um ajuste diferenciado que as empresas ineficientes são impostas a fazer. A Tabela 11 traz a média de redução, ano a ano, para os insumos e a média de folgas que as empresas teriam para aumentar o faturamento.

Tabela 11: Média das metas de redução – período: 2005-2010

Ano	Motoristas (MT)	Frota (FR)	Folgas PASS-KM
2005	-49,7%	-61,1%	0,42%
2006	-56,3%	-63,9%	0,13%
2008	-49,3%	-51,4%	0,01%
2009	-56,6%	-57,5%	0,02%
2010	-47,8%	-48,6%	0,02%

A Tabela 11 mostra que algumas empresas que se mostraram ineficientes, mesmo reduzindo insumos, possuem potencial para expandir seu faturamento expresso pela folga registrada para PASS-KM.

Observa-se ainda que em cada ano há uma necessidade diferente em se reduzir os insumos, porém é notório que a variável frota, exige uma redução maior do que a variável motorista, ao longo dos anos. Isto é ratificado quando se analisam os pesos médios aplicados a cada variável ano a ano, conforme Tabela 12.

Tabela 12: Média dos pesos – período: 2005-2010

Ano	Motoristas (MT)	Frota (FR)
2005	0,41	0,59
2006	0,43	0,57
2008	0,36	0,64
2009	0,36	0,64
2010	0,45	0,55

A Tabela 12 indica que foram aplicados maiores pesos em média à variável frota do que na variável motorista, indicando que o tamanho da frota é o principal fator pela ineficiência operacional das empresas, possivelmente em virtude dos custos associados a sua aquisição e manutenção.

4.3. Tópicos Conclusivos

Os resultados oriundos da análise realizada indica que o aumento de frota sem efetivo aumento de demanda, caracterizando o efeito Averch e Johnson, se por um lado propicia remuneração do capital imobilizado em função da garantia imposta pela adoção da regulação econômica por custo do serviço, por outro impõe ineficiência operacional às empresas e ao sistema de TRIP, na medida em que o

custo de aquisição e de manutenção da frota é integralmente repassado aos usuários dos serviços.

Os resultados, nesse escopo, apontam para o fato de que há espaço para inserção de outros métodos de regulação econômica, associados ao método por taxa de remuneração (custo do serviço) atualmente adotado, tal como o de regulação por comparação, consoante as explicações de Marques (2005) apresentadas na seção 2.4.

Além disso, a metodologia adotada indica o nível a ser alcançado pelas variáveis utilizadas para melhorar a eficiência operacional das empresas operadoras de TRIP, sendo um indicador para regulação técnica e utilização de métodos de regulação econômica que incentivem as empresas a explorarem melhor o potencial de produção dos mercados de TRIP.

5. CONCLUSÕES

A regulação por taxa de remuneração tem sido usualmente utilizada na prestação de serviços regulares de TRIP, não estimulando as empresas a buscarem a redução de custos e incentivando-as a sobreinvestirem em ativos (efeito Averch e Johnson), em vista da remuneração garantida, o que se afasta da premissa de eficiência econômica.

Por causa desses aspectos adversos, a aplicação da regulação por incentivos de desempenho, em especial a regulação por comparação (*yardstick competition*) pode estimular as empresas reguladas a reduzirem os custos, além de reduzir a assimetria de informação entre regulador e regulado, em virtude de os reajustes tarifários se basearem em índices de preços, associado a um fator de produtividade que atende à modicidade tarifária, favorecendo, assim, a eficiência econômica na prestação dos serviços.

Supõe-se que a eficiência é decorrente da competitividade do setor. O conhecimento das condições de funcionamento dos mercados, em especial a estrutura e as condições de concorrência dos mercados, auxilia no processo decisório sobre intervenção regulatória em mercados imperfeitos. No entanto, dada a escolha pela atividade regulatória, esta deve estar alicerçada em mecanismos, que, quando de sua implementação, favoreçam o acompanhamento detalhado da evolução da dinâmica de mercado para não gerarem ineficiências setoriais.

Os resultados obtidos indicam que o tamanho da frota foi o principal fator pela ineficiência operacional das empresas, havendo necessidade de se adequar a oferta à demanda do mercado, de forma a otimizar a razão entre a quantidade de PASS-KM e o número de assentos x quilômetros (assentos-km). Essa otimização

alcançaria melhor resultado caso a adequação da oferta à demanda seja associada ao conceito de sistema *hub and spoke*.

Nesse escopo, o modelo adotado permite concluir também que pode-se melhorar a eficiência operacional das empresas com a redução do insumo frota mantendo-se ainda a capacidade de as empresas operadoras de TRIP expandirem seu faturamento, representado pela variável PASS-KM, na medida em que passariam a ter incentivo a explorarem melhor o potencial de produção dos mercados de TRIP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aigner, D. J., Lovell A. K., and Schmidt, P. (1977) Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, v. 6, p. 21-37.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. (2006) Nota Técnica Nº 168/2006–Sre/Aneel, Processo: 48500.001208/2006-37 Assunto: Proposta De Metodologia De Cálculo Do Fator X Para O Segundo Ciclo De Revisão Tarifária Periódica De Concessionárias De Distribuição De Energia Elétrica, Acesso Em 20/08/2012 <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/nt_fator%20x.pdf>
- ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. (2012) ProPass Brasil - Projeto da Rede Nacional de Transporte Rodoviário Interestadual e Internacional de Passageiros: Apresentação. Disponível em: <http://propass.antt.gov.br/index.php/content/view/730/Apresentacao.html>. Acesso em 11 set. 2012.
- Aragão, A. S. (2004) *Agências Reguladoras e a Evolução do Direito Administrativo e Econômico*. 4ª ed., Rio de Janeiro: Forense.
- Araújo, C. E. F. (2008) *Análise de eficiência nos custos operacionais de rotas do transporte escolar rural*. Dissertação de Mestrado, Publicação T.DM - 002A/2008, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília. 135p.
- Araújo, C. E. F.; Martins, F. G. D.; Da Silva, F. G. F. (2008) *Análise Exploratória da Eficiência Operacional de Empresas de Transporte Rodoviário Interestadual de Passageiros por ônibus no Brasil*. Anais do XXII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes. XXII ANPET. Fortaleza-CE.
- Assaf Neto, A. (2003) *Finanças corporativas e valor*. 1. ed. São Paulo : Atlas.

- Azambuja, A. M. V. de. (2002) *Análise de Eficiência na Gestão do Transporte Urbano por Ônibus em Municípios Brasileiros*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 385f.
- Belloni, J. A. (2000) *Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidades Federais Brasileiras*. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.
- Brasil. (1995) Lei 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no artigo 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Brasília. Disponível em: <www.senado.gov.br>.
- _____. (1998) Decreto 2.521, de 20 de março de 1998. Dispõe sobre a exploração, mediante permissão e autorização, de serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional coletivo de passageiros e dá outras providências. Brasília. Disponível em: <www.senado.gov.br>.
- _____. (2001) Lei 10.233, de 5 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. Brasília. Disponível em: <www.senado.gov.br>.
- Brasileiro, A. e Aragão, J. J. G. (2000) *Agências Regulatórias: que contribuição do (ao) setor de transportes no Brasil*. In: SANTOS, E. M. e ARAGÃO, J. J. G. (Orgs.). *Transporte em Tempos de Reforma*. Brasília: LGE.

- CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L.R., DIEWERT, W.E. (1982) The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. *Econometrica*, v. 50, n. 6, p. 1393-1414.
- Charnes, A.; Cooper, W. W.; Levin, A. Y.; Seiford, L. (1994) *Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications*. USA, Kluwer Academic Publishers.
- Coelli, T.; Estache, A.; Perelman, S; Trujillo, L. (2003) *A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators*. The World Bank Washington, D.C.
- Coelli, T., Rao, D.S.P., Battese, G. E., (1997) “ An introduction to Efficiency and Productivity Analysis.” Kluwer Academic Publishers. Third Printing, 1999.
- Cooper, W. W.; Seiford, L.; Tone, K. (1999) *Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. Kluwer Academic Publishers, USA.
- Copeland, T.; Koller, T.; Murrin, J. (2002) *Avaliação de Empresas Valuation. – Calculando e Gerenciando o Valor das Empresas*. 3. ed. São Paulo : Pearson Education.
- Damodaran, A. (1996) *Investment valuation – tools and techniques for determining the value of any asset*. New York: John Wiley and Sons.
- DEA Home Page (2004) em <http://www.emp.pdx.edu/dea/homedea.html>
- Else, P. K. (1985) Optimal Pricing and Subsidies for Scheduled Transport Services. *Journal of Transport Economics and Policy*, pp. 263-279.
- Farina, E. M. M. Q.; Azevedo, P. F. de; Saes, M. S. M. (1997) *Competitividade: mercado, estado e organizações*. 1ª Ed. São Paulo: Singular.

- Farrell, M. J. (1957) *The Measurement of Productive Efficiency*, J. Roy. Statist. Soc. Ser. A, 120 253-290.
- Fuss, M. e McFadden, D. L. (1978) *Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications Volume I: The Theory of Production* Amsterdam: North-Holland.
- Giambiagi, F.; Além, A. C. (2000) *Finanças Públicas: teoria e prática no Brasil*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Campus.
- Gomide, A. A.; Martins, F. G. D. (2005) *Regulation of the Interstate and International Highway System for the Transportation of Passengers: suggestions for a competitive agenda*. In: 9th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, THREDBO 9, 2005. Proceedings of the 9th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport. Lisboa: THREDBO 9.
- Greene, W.H., (1990) "A Gamma-distributed Stochastic Frontier Model", *Journal of Econometrics*, 46, pp. 141-164.
- Gujarati, D. N. (2000). *Econometria Básica*. 3ª ed. São Paulo: Makron Books.
- Hensher, D. A. (1987) *Productive Efficiency and Ownership of Urban Bus Services*. *Transportation*, 14, pp. 209-225.
- Hensher, D. A.; Brewer, A. N. (2001) *Transport: an economics and management perspective*. United States, New York, Oxford University Press Inc.
- Holvad, T.; Hougaard, J. L.; Kronborg, D.; Kvist, H. K. (2004) *Measuring Inefficiency in the Norwegian Bus Industry Using Multi-Directional Efficiency Analysis*. *Transportation*, 31, pp. 349-369.

- Koopmans, T. C. (1951). An analysis of production as an efficient combination of activities. In Koopmans, T. C., editor, *Activity Analysis of Production and Allocation*. Jhon Wiley and Sons, Inc
- Malmquist, S (1953) "Index Numbers and Indifference Surfaces", *Trabajos de Estadística*, 4, pp. 209-242.
- Marques, R. C. (2005) *Regulação de Serviços Públicos: fundamentos teóricos da regulação, regulação por comparação, regulação em Portugal*. 1ª Ed. Portugal: Sílabo.
- Martins, F. G. D. (2007). *Mercados de Transporte Rodoviário Interestadual de Passageiros: Uma Análise sob Enfoque Dinâmico de Elementos Determinantes das Condições de Concorrência*. Dissertação de Mestrado, Publicação T.DM-001A/2007, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 143p.
- Mas-Colell, Whinston. M.D. and Green, J. R. (1995) *Microeconomic Theory*. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-507340-9.
- Meeusen, W., Van den Broeck (1977), "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Function With Composed Error". *International Economic Review*, 18, pp. 435-444.
- Merewitz, L. (1977) On Measuring the Efficiency of PublicEnterprises: bus operating companies in the san Francisco Bay Área. *Transportation*, 6, pp. 45-55.
- Niederauer, C.A.P. (1998), *Avaliação dos Bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção Utilizando Data Envelopment Analysis*. Florianópolis. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

- Novaes, A.G. (1996) Avaliação da produtividade de serviços de transportes através da análise por envelopamento de dados. Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Brasília, V. 2, p. 577-588.
- Novaes, A. G.; Medeiros, H. C. (2008) Análise da Produtividade de Sistemas de Transportes com Métodos Paramétricos e Não Paramétricos. XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – XII ANPET. Panorama Nacional de Pesquisa em Transportes – CD-ROM, 03 a 07 de novembro de 2008, Fortaleza-CE.
- Obeng, K. (1985) Bus Transit Cost, Productivity and Factor Substitution. *Journal of Transport Economics and Policy*, pp. 183-203.
- Odeck J and A Alkadi (2001). “Evaluating Efficiency in the Norwegian Bus Industry Using Data Envelopment Analysis.” *Transportation* 28(3): 211-232.
- Orrico Filho, R. D.; Santos, E. M. (1996) Transporte Coletivo Urbano por Ônibus: regulamentação e competição. In: Orrico Filho, R. D. et al. *Ônibus Urbano: regulamentação e mercados*. Brasília: LGE.
- Pires, J.C.L., Piccinini, M. S., (1999) “A Regulação dos Setor de Infra-Estrutura no Brasil”. BNDES.
- Pindyck, R. S.; Rubinfeld, D. L. (2004). *Econometria: modelos e previsões*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Possas, M. L. (1987) *Estruturas de Mercado em Oligopólio*. 2ª ed. São Paulo: Hucitec.
- Possas, M.; Pondé, J. e Fagundes, J. (1997) Regulação da Concorrência nos Setores de Infra-estrutura no Brasil: elementos introdutórios para um quadro conceitual. In: REZENDE, F. e PAULA, T. (Coord.). *Infra-Estrutura: perspectivas de reorganização; regulação*. Brasília: IPEA.

- Rodrigues, A. J. P. (2003) Teoria Econômica Aplicada à Regulação. Notas de Aula. Curso de Pós-Graduação em Controle Externo. Especialização em Regulação de Serviços Públicos Concedidos. Instituto Serzedello Corrêa. Tribunal de Contas da União. Brasília, DF.
- Rossetti, J. P. (2003) Introdução à Economia. 20ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- Rossetti, J. P. et al (1985) Economia de Mercado: fundamentos, falácias e valores. Rio de Janeiro: IBMEC/CODIMEC.
- Rus, G.; Campos, J.; Nombela, G. (2003) Economia Del Transporte. Barcelona: Antoni Bosh.
- Salgado, L. H. (2003) Agenda para Revisão do Marco Regulatório Referente ao Mercado de Transporte Rodoviário Internacional e Interestadual de Passageiros (TRIP). In: Guimarães, E. A. e Salgado, L. H. A Regulação no Transporte Brasileiro. Nota Técnica n.º 4. Brasília: IPEA.
- Samuelson, P. A. e Nordhaus, W. D. (1993). Economia. 14ª ed. Portugal: McGraw-Hill.
- SEAE. Secretaria de Acompanhamento Econômico. (2000) Nota Técnica n.º 303 COGSI/GABIN/SEAE/MF, de 11/10/2000.
- Viton, P. A. (1998) Changes in Multi-mode Bus Transit Efficiency, 1988-1992. Transportation, 25, pp. 1-21.
- White, P. R.; Turner, R. P.; Mbara, T. C. (1992) Cost Benefit Analysis of Urban Minibus Operations. Transportation, 19, pp. 59-74.