



Universidade de Brasília  
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade  
Departamento de Administração

JAINA BRAGA BARRETO

**EFICIÊNCIA TÉCNICA DO ATENDIMENTO AO USUÁRIO NAS RODOVIAS  
FEDERAIS CONCEDIDAS: Análise Envoltória de Dados e Índice de Malmquist**

BRASÍLIA – DF  
2015

JAINA BRAGA BARRETO

**EFICIÊNCIA TÉCNICA DO ATENDIMENTO AO USUÁRIO NAS RODOVIAS  
FEDERAIS CONCEDIDAS: Análise Envoltória de Dados e Índice de Malmquist**

Monografia de conclusão do curso de graduação em Bacharel  
em Administração, Universidade de Brasília (UnB).

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Marques Serrano

BRASÍLIA – DF  
2015

**EFICIÊNCIA TÉCNICA DO ATENDIMENTO AO USUÁRIO NAS RODOVIAS  
FEDERAIS CONCEDIDAS: Análise Envolvória de Dados e Índice de Malmquist**

JAINA BRAGA BARRETO

Banca Examinadora

.....  
Prof. Dr. André Luiz Marques Serrano  
Orientador

.....  
Prof. Dr. Carlos Rosano Peña  
Membro

.....  
Prof. Dr. Marcelo Driemeyer Wilbert  
Membro

BRASÍLIA – DF  
2015

## RESUMO

A infraestrutura rodoviária é fator essencial para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Sua manutenção e preservação é de responsabilidade estatal, contudo, nos últimos anos, os cuidados com alguns trechos rodoviários federais, estaduais e municipais foram delegados a empresas particulares. O acompanhamento do serviço prestado por essas empresas deve ser feito tanto por parte do Estado quanto por parte dos cidadãos. A partir disso, esse estudo busca mensurar a eficiência da prestação de serviços de 13 empresas concessionárias de trechos rodoviários federais, utilizando a metodologia Análise Envoltória de Dados, com orientação a insumos. Ademais, através do índice de Malmquist, verificam-se as mudanças ocorridas nos escores de eficiência durante período avaliado, de 2009 a 2013. Conclui-se que, em geral, a eficiência técnica das empresas não aumentou muito ao longo do tempo, mas o uso de tecnologias mais modernas e produtivas parece ter recebido incrementos; também verificou-se que as empresas cuja concessão é mais recente mostram indícios de serem menos eficientes.

**Palavras-chave:** eficiência; concessionárias de rodovias federais; DEA; índice de Malmquist;

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 2.1</b> Formas de concessão.....	16
<b>Quadro 2.2</b> Etapas do Procofe e histórico de concessão de rodovias federais.....	17
<b>Quadro 2.3</b> Publicações sobre eficiência de serviços em rodovias concedidas .....	22
<b>Quadro 2.4</b> Diferença entre produtividade, eficiência e eficácia .....	24
<b>Quadro 2.5</b> Resumo das modelagens básicas de Análise Envoltória de Dados .....	29
<b>Quadro 2.6</b> Intepretações do resultado do índice de Malmquist .....	33
<b>Quadro 3.1</b> DMUs analisadas.....	34
<b>Quadro 4.1</b> Resumo dos resultados.....	42
<b>Quadro 5.1</b> Alcance dos objetivos.....	43

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 4.1</b> Eficiência DEA BCC temporal 2009 – 2013.....	35
<b>Tabela 4.2</b> <i>Ranking</i> da média de eficiência temporal.....	38
<b>Tabela 4.3</b> Projeção de redução na quantidade de funcionários, DEA BCC, ano 2013.....	39
<b>Tabela 4.4</b> Projeção de redução quantidade de veículos, DEA BCC, ano 2013.....	39
<b>Tabela 4.5</b> Índice global de Malmquist aplicado ao modelo DEA BCC.....	40
<b>Tabela 4.6</b> Média geométrica da mudança na eficiência técnica: índice de Malmquist aplicado a DEA BCC.....	41
<b>Tabela 4.7</b> Média geométrica da mudança na tecnologia: índice de Malmquist aplicado a DEA BCC.....	41

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 2.1</b> Ilustração da plotagem dos modelos CCR e BCC.....	28
<b>Gráfico 4.1</b> Eficiência DEA BCC temporal 2009 – 2013.....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Agência Nacional de Transportes Terrestres	ANTT
Análise Envoltória de Dados ( <i>Data Envelopment Analysis</i> )	DEA
Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias	ABCR
Banker, Charnes e Cooper	BCC
Constituição Federal de 1988	CF/88
Charnes, Cooper e Rhodes	CCR
Confederação Nacional de Transportes	CNT
Conselho Nacional de Trânsito	Conatran
<i>Constant Returns to scale</i>	CRS
Curva de Possibilidade de Produção	CPP
<i>Decision Making Unit</i>	DMU
Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes	DNIT
Parceria Público-Privada	PPP
Problema de Programação Linear	PPL
Programa de Concessões de Rodovias Federais	Procofe
Rodovia Federal	BR
Unidade de Tratamento Intensivo	UTI
<i>Variable returns to scale</i>	VRS



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1. Contextualização e justificativa.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Objetivo geral.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3. Objetivos específicos .....</b>	<b>13</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Rodovias federais concedidas.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Serviços aos usuários em rodovias federais.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3. O estudo de eficiência e o modelo DEA.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4. Índice de Malmquist .....</b>	<b>31</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>33</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>45</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>49</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização e justificativa

A infraestrutura de transportes é fator de extrema importância para promover o desenvolvimento socioeconômico de uma sociedade, pois facilita a mobilidade das pessoas, o acesso a mercados, locais de trabalho, serviços de saúde e de educação. Melhorias logísticas feitas na infraestrutura de transportes facilitam o fluxo de cargas comerciais, geram redução de custos operacionais e aumentam a competitividade de um país. Um bom sistema de transporte atrai investidores, tanto nacionais como estrangeiros, que movimentam mercados e, dessa forma, mais empregos são gerados no país. A eficiência do sistema de transporte é um indicador de desenvolvimento e da qualidade de vida de um local (Guasch *et al.*, 2002).

No Brasil, 61% da matriz de transportes de carga é composta pelo modal rodoviário (CNT, 2015). A dependência brasileira com relação a esse modal é evidente quando comparada à participação dele em países de dimensão continental semelhante: em 2007, foram registrados 8% de participação de rodovias nos transportes de pessoas e cargas na Rússia, 32%, nos Estados Unidos e 43%, no Canadá (SPNT/MT, 2012; CAMPOS NETO *et al.*, 2011). O modal rodoviário possui relevância econômica para o Brasil. Por esse motivo, a rede de rodovias recebeu investimentos do governo ao longo de décadas, especialmente de 1930 até 1980 (GIAMBIAGI *et al.*, 2011).

A partir de 1980, houve mudança de prioridades dos governos; crises fiscais ocasionaram a diminuição de investimentos em rodovias e em infraestrutura logística. O investimento necessário para essa área é oneroso, o que os cofres públicos não puderam custear à época (GOMIDE, 2012; IPEA, 2012). Dessa forma, a infraestrutura de transporte do país sofreu deterioração durante o período da crise. Em 1988, a nova Constituição Federal (CF/88) instituiu a possibilidade de o governo conceder a execução de serviços públicos, bem como os gastos inerentes, para empresas particulares. Conforme a lei, o processo de

concessão ou de permissão para executar um serviço público deve ser feito mediante licitação (IPEA, 2012; AZEVEDO *et al.*, 2012); esse dispositivo está no art. 175 da CF/88.

As concessões são feitas por meio de contratos, os quais devem assegurar direitos dos usuários, políticas tarifárias e a obrigação das empresas privadas de manter um serviço adequado (art. 175, CF/88). Os contratos são fiscalizados por agências reguladoras públicas, criadas pelo Estado para intermediar as relações entre as empresas, o Estado e os usuários dos trechos rodoviários (GOMIDE, 2012). A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) é a agência reguladora pública federal responsável por fiscalizar as empresas que adquirem a concessão de modais de transporte terrestre: ferrovias e rodovias federais. As empresas que adquirem a concessão também são chamadas de “empresas concessionárias”.

Conforme sua lei de criação (Lei nº 10.233/01), um dos objetivos da ANTT é garantir a movimentação de pessoas e bens, em cumprimento a padrões de eficiência, segurança, conforto, regularidade, pontualidade e modicidade nos fretes e tarifas. Nesse trabalho de mensuração de eficiência, uma das dificuldades é encontrar parâmetros de produtividade e eficiência que sejam comuns para o Estado e para as empresas concessionárias, revelando a necessidade de indicadores e métodos de medida para esses critérios (POSSAMAI, 2006).

As empresas concessionárias exploram economicamente o objeto de concessão através da cobrança de pedágio dos usuários, com o objetivo de reaver os investimentos iniciais na melhoria da estrutura e também de sobreviver como empresa através do lucro com a arrecadação. As concessionárias de rodovias devem tomar medidas para melhorar a infraestrutura do trecho sob sua guarda, tanto em termos técnicos de estrutura (asfaltamento, sinalização) quanto de atendimento ao usuário (ajuda mecânica, atendimento pré-hospitalar, patrulhamento e segurança). A boa prestação de serviços também envolve eficiência e produtividade, por isso é necessário assegurar que esses fatores estejam condizentes com o que é esperado de um serviço público.

Há vários estudos que procuram medir a eficiência de serviços públicos: Cook *et al.* (1991), Rouse *et al.* (1997), Possamai (2006), Faria *et al.* (2008), Azevedo *et al.* (2012). Desses estudos, notam-se peculiaridades do setor público: baixa concorrência, dificuldade de eliminar as unidades consideradas ineficientes. Outra característica peculiar do setor é a sua complexidade, que implica o uso de múltiplos insumos para gerar múltiplos produtos. A mensuração de eficiência para essa área exige um modelo de medida que o interprete com fidedignidade.

Os estudos de eficiência se dividem em dois grandes grupos: métodos paramétricos e métodos não paramétricos. Nos métodos paramétricos, há a suposição pré-estabelecida de qual deve ser o melhor desempenho para o objeto avaliado. Já nos métodos não-paramétricos, não há essa suposição: o melhor desempenho será traçado a partir do objeto mais eficientes dentro do grupo de objetos avaliado.

O método não paramétrico chamado Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) é aplicado com sucesso no cálculo de eficiência do setor público. Esse método se adequa ao setor pela capacidade de cálculo com múltiplos insumos e produtos e também por não estimar previamente a eficiência dos objetos avaliados. Como o setor público brasileiro não possui mecanismo de eliminação rápida das organizações ineficientes (como a falência), elas permanecerão em detrimento da sua ineficiência.

A metodologia DEA compara as organizações de mesma área e revela as mais eficientes do grupo. Dentro do setor público, a que for menos eficiente poderá buscar o desempenho das mais eficientes. Em conjunto com a medida de eficiência DEA, podem-se adotar outras análises que detalham ainda mais o desempenho dos objetos avaliados. Uma delas é a medida do índice de Malmquist, que verifica mudanças de eficiência ao longo dos anos, levando em conta mudanças de tecnologia e mudanças de eficiência técnica das empresas.

Como executoras de serviços públicos, as empresas concessionárias devem prezar pelo princípio de eficiência, da Administração Pública (art. 37, CF/88). Este estudo visa verificar o cumprimento desse princípio mediante aplicação da metodologia DEA e do índice de Malmquist.

A introdução do trabalho contextualiza a situação do setor rodoviário brasileiro e justifica a importância de se avaliar a eficiência das empresas concessionárias. A segunda parte, do referencial teórico, explora o tema de concessões no Brasil, também apresenta o modelo DEA e o índice de Malmquist. A terceira parte apresenta a metodologia e apresenta qual das abordagens da DEA é utilizada em conjunto com o índice de Malmquist. A quarta parte expõe os resultados da aplicação da metodologia. A quinta parte conclui o trabalho.

## **1.2. Objetivo geral**

Verificar a eficiência das empresas concessionárias de trechos rodoviários federais, identificadas nos Relatórios Anuais publicados pela ANTT, através da Análise Envoltória de Dados e do índice de Malmquist. Conforme a metodologia, serão usados os seguintes insumos (*inputs*): 1) quantidade anual de mão-de-obra das empresas por ano, 2) quantidade anual de veículos disponíveis para trabalho dos funcionários das empresas por ano; e os seguintes produtos (*outputs*): 1) quantidade anual de atendimentos ao usuário, 2) volume anual de veículos usuários dos trechos. A eficiência será analisada nos anos de 2009 a 2013, cinco anos, com foco na prestação de serviços de atendimento aos usuários.

## **1.3. Objetivos específicos**

- a) Ranquear as empresas concessionárias conforme eficiência;
- b) Verificar mudanças ocorridas na medida de eficiência ao longo do tempo;
- c) Verificar possibilidades de melhorias para as empresas menos eficientes;
- d) Testar a hipótese de que as empresas concessionárias mais antigas são mais eficientes.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Rodovias federais concedidas

No meado do século XX, o governo brasileiro operou uma série de investimentos em infraestrutura rodoviária. Uma premissa difundida na época era de que o país se desenvolveria mais solidamente se a infraestrutura nacional estivesse bem desenvolvida, principalmente nos setores de energia elétrica, de transportes, de saneamento, de telecomunicação. Isso justificou intensivos e sucessivos investimentos nesses setores de 1930 até 1980, quando houve forte crise econômica que reduziu esses investimentos (GIAMBIAGI *et al.*, 2011). Em 1980, o empresariado nacional, intelectuais e políticos levantaram a defesa de que o crescimento econômico não poderia depender do Estado. Exigiam liberalização, desregulamentação e privatização (GOMIDE, 2012).

No Poder Executivo, o processo de privatização se iniciou durante o governo Collor, em 1990, com o Programa Nacional de Desestatização, criado pela Lei nº 8.031/90 – revogada pela Lei nº 9.491/97. Os principais objetivos descritos eram a) realocar a posição do Estado na economia, transferindo à iniciativa privada as atividades que não eram adequadamente exploradas pelo setor público, b) diminuir a dívida pública, c) gerar reestruturação do setor privado, modernizando a infraestrutura e ampliando competitividade, d) permitir que o governo mantivesse foco nas questões em que a presença do Estado fosse fundamental, e) fortalecimento do mercado de capitais (GIAMBIAGI *et al.*, 2011).

Em 1993, o Ministério dos Transportes criou o Programa de Concessões de Rodovias Federais (Procofe) (GOMIDE, 2012). À época do Procofe, foram concedidos cinco trechos de rodovias federais, que eram pedagiados diretamente pelo Ministério dos Transportes (AZEVEDO *et al.*, 2012). Somente dois anos depois, em 1995, foi instituída a Lei de Concessões (Lei nº 8.987/95), que regulamenta o artigo 175 da CF/88, artigo que dispõe sobre a possibilidade de o Estado licitar prestação de serviço em regime de concessão ou de permissão do poder público. Em 1996, foi publicada a Lei de Delegações (Lei nº 9.277/96),

que autoriza a União a delegar aos Estados, Municípios e Distrito Federal a administração e exploração de rodovias e portos federais que estiverem na área do Estado.

Concessão é um contrato administrativo em que o Estado delega um serviço público para terceiros da iniciativa privada e permite que explorem o recurso ou bem público por sua conta e risco. A amortização dos investimentos iniciais ocorre através da exploração econômica do serviço, através da cobrança de taxas dos usuários. Antes de participar do processo de concessão, as empresas concorrentes devem apresentar planos e estudos de execução das obras. Os elementos desses estudos são volume de tráfego, custos de engenharia, equipamentos necessários para a obra, alternativas técnicas, relatórios ambientais (BRASIL, 2014). As concessões implicam contratos de períodos longos para que as empresas tenham a oportunidade de cobrir seus custos de investimentos por meio da exploração econômica da concessão (SANDIM, 2014).

As concessões ocorrem por licitação na modalidade de concorrência, com pagamento ao Estado pela outorga da concessão. Outorga é a declaração de concessão dada pelo poder público a empresa licitante – licitante são os candidatos da licitação. Ganhará a concessão a empresa que oferecer a menor tarifa de pedágio e oferecer o valor mais alto da outorga para a concessão do trecho. Segundo a Lei de Concessões, Lei nº 8.987/95, art. 15, os critérios para julgamento são:

- menor valor de tarifa cobrada para o serviço prestado;
- a maior oferta, nos casos de pagamento ao poder concedente pela outorga da concessão;
- a combinação, dois a dois, dos critérios referidos acima;
- melhor proposta técnica, com preço fixado no edital;
- melhor proposta em razão da combinação dos critérios de menor valor da tarifa do serviço público a ser prestado com o de melhor técnica;

- melhor proposta em razão da combinação dos critérios de maior oferta pela outorga da concessão com o de melhor técnica; ou melhor oferta de pagamento pela outorga após qualificação de propostas técnicas.

Abaixo segue quadro com as formas de concessão:

Quadro 2.1 – Formas de concessão

Concessões gratuitas	O poder público não participa da renda da empresa, exceto pelos tributos cobrados. A cobrança direta do usuário remunera e cobre os custos da empresa, mas a receita não é volumosa o suficiente para que o governo cobre taxas de outorga.
Parceria Público-Privada (PPP)/Concessões subsidiadas	Regida pela Lei 11.079/2004, a PPP ocorre quando o trecho a ser concedido possui tráfego insuficiente para amortizar os investimentos feitos pela concessionária. Ou também ocorre quando os investimentos iniciais da empresa resultassem tão altos que o pedágio cobrado do usuário também seria alto. Dessa forma, o poder concedente se compromete a subsidiar a tarifa alta por meio de instrumentos financeiros como doações, empréstimos subordinados, pagamentos diretos pela prestação do serviço. Os riscos são compartilhados entre a empresa e o poder público. Esse tipo de parceria corresponde à concessão subsidiada.
Concessões onerosas	Ocorrem nas regiões onde o volume de usuários é grande em relação aos investimentos. Assim, o poder concedente cobra a participação nos lucros, devido ao relevante potencial econômico da concessão. A cobrança ocorre tanto por meio de taxas de operação, impostos, parcelas da outorga de operação. Não há compartilhamento de riscos entre governo e empresa.

Fonte: Sandim (2014).

As outorgas das concessões de trechos rodoviários, no âmbito federal, são fiscalizadas por uma agência reguladora específica, criada para esse fim. A ANTT foi instituída em 2001, pela Lei nº 10.233/01, e sua função é implementar, regular e supervisionar as atividades de exploração da infraestrutura de transportes ferro e rodoviários federais realizada por empresas particulares. Há funções específicas da referida agência que estão listadas no art. 24 da Lei. O autor Melo (2008) nota que o Brasil apresentou um melhor desempenho na implementação do modelo de agências reguladoras em comparação aos demais países da América Latina que o



adotaram, como Peru, Bolívia, Argentina. Atualmente, no Brasil, há 20.658 quilômetros administrados por empresas concessionárias, destes, a ANTT administra 9.969,6 quilômetros, o que corresponde a 48% (CNT, 2015; ANTT, 2015).

O Procofe, atualmente denominado Programa de Investimentos em Logística, foi dividido em três etapas. As duas primeiras focaram mais nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. A primeira etapa ocorreu de 1993 até 1998, na qual se concederam seis trechos rodoviários das Regiões Sul e Sudeste. A segunda etapa ocorreu em 2008 e 2009, na qual se concederam sete trechos, novamente das Regiões Sul e Sudeste e somente um trecho do estado da Bahia. Na terceira etapa, de 2013 a 2014, houve mais investimentos nas Regiões do Centro-Oeste, do Norte e do Nordeste do país. No quadro a seguir, há o resumo das rodovias concedidas ao longo dos anos e as concessionárias responsáveis:

Quadro 2.2 – Etapas do Procofe e histórico de concessão de rodovias federais

Primeira etapa do Procofe				
Início do contrato	Trecho de BR	Concessionária	Trecho	Extensão (km)
1996	BR 116/RJ/SP	NovaDutra	Rio de Janeiro (RJ) - São Paulo (SP)	402
1995	BR 101/RJ	Ponte Presidente Costa e Silva	Ponte Rio (RJ) – Niterói (RJ) e acesso total	23,43
1996	BR 040/MG/RJ	Concer	Rio de Janeiro (RJ)- Juiz de Fora (RJ)	179,9
1996	BR 116/RJ	CRT	Rio de Janeiro (RJ) - Teresópolis (RJ) - Além Paraíba (MG)	142,5
1997	BR 290/RS	Concepa	Osório (RS) - Porto Alegre (RS)	121
1998	BR 116/293/392/RS	Ecosul	Polo de Pelotas (RS)	457,3
Total				1326,13
Segunda etapa do Procofe				
Início do contrato	Trecho de BR	Concessionária	Trecho	Extensão (km)
2008	BR 116/PR/SC	Autopista Planalto Sul	De Curitiba (PR) até divisa SC/RS	412,7
2008	BR 116/PR - BR 376/PR - BR 101/SC	Autopista Litoral Sul	De Curitiba (PR) a Palhoça (SC)	405,9
2008	BR 116/SP/PR	Autopista Régis Bittencourt	De São Paulo (SP) a Curitiba (PR)	401,6
2008	BR 381/MG/SP	Autopista Fernão Dias	De Belo Horizonte (MG) a São Paulo (SP)	562,1
2008	BR 101/RJ	Autopista Fluminense	Da Ponte Rio-Niterói (RJ) a divisa RJ/ES	320,1
2008	BR 153/SP	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia	Da divisa de MG/SP à divisa SP/PR	321,6
2008	BR 393/RJ	Rodovia do Aço	Da divisa MG/RJ à entrada para BR 116	200,4

2009	BR 116/324/BA e BA-526/528	ViaBahia Concessionária de Rodovia	Da divisa de BA/MG a Salvador (BA)	680,6
Total				3305
Terceira etapa do Procofe				
Início do contrato	Trecho de BR	Concessionária	Trecho	Extensão (km)
2013	BR 101/ES/BA	Eco-101	Início da BA 698 até divisa de ES com RJ	475,9
2013	BR 050/GO/MG	MGO Rodovias	Início BR 040 em Cristalina (GO) até divisa com MG/SP	436,6
2013	BR 060/153/262/DF/GO/MG	Concebra	630,20 km de trechos da BR-060 e da BR-153	1.176,5
2014	BR 163/MS	MS Via	Trecho integralmente inserido no estado de MS	847,2
2014	BR 163/MT	BRO	Da divisa de MT/MS a MT 220	850,9
2014	BR 040/DF/GO/MG	Via 040	Trecho Brasília (DF) a Juiz de Fora (MG)	936,8
2014	BR 153/TO/GO	Concessionária de Rodovias Galvão BR 153 SPE	Trecho Anápolis (GO) (BR 060) a Aliança do Tocantins (TO) (TO 070)	624,8
2015	BR 101/RJ	Ecoponte	Ponte Rio-Niterói (RJ)	13,2
Total				4185,4

Fonte: ANTT, 2015 e PIL, 2015

No Brasil, observa-se que as concessões foram iniciadas em 1993 com o Procofe, ou seja, antes da criação da Lei de Concessões, em 1995, e também antes da instituição da agência reguladora ANTT, que ocorreu em 2001 (GOMIDE, 2012).

## 2.2. Serviços aos usuários em rodovias federais

Relatórios de pesquisa divulgados pela Confederação Nacional de Transportes (CNT) avaliam rodovias públicas e particulares em diversos parâmetros técnicos e de prestação de serviços. Os estudos divulgados pela ANTT tratam desses aspectos somente no que diz respeito a rodovias federais concedidas.

Os aspectos técnicos são os específicos da infraestrutura de rodovias, como qualidade do pavimento, sinalização (vertical e horizontal), geometria da via, pontes e viadutos, curvas perigosas, acostamento. Esses são critérios pesquisados com mais profundidade pela CNT a

respeito das rodovias federais sob gestão tanto pública assim como privada. Os aspectos de prestação de serviços são encontrados com mais objetividade em relatórios da ANTT a respeito somente das rodovias concedidas. Dados sobre serviços prestados em rodovias federais de gestão pública estão distribuídos em diversos órgãos e autarquias governamentais, como Corpo de Bombeiros Militar de cada Estado, Polícia Rodoviária Federal (PRF), Ministério da Saúde e Secretarias de Saúde de cada Estado, Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), Conselho Nacional de Trânsito (Conatran).

Os aspectos de prestação de serviço ao usuário são: postos de atendimento ao usuário, apreensão de animais, inspeção de tráfego, combate a incêndio, serviços de policiamento e segurança, serviços de primeiros socorros, de guincho e de socorro mecânico, quantidade de veículos que trafegam pelos trechos. Todos são descritos nos relatórios anuais sobre rodovias federais concedidas publicados pela ANTT. Nos relatórios divulgados pelo CNT há uma seção dedicada à contagem de pontos de apoio ao usuário, como borracharias, oficinas mecânicas, postos de abastecimento e restaurantes ao longo das vias, mas não abrange os serviços acompanhados pela ANTT.

A crescente dependência no modal rodoviário demandará investimentos e manutenção regulares das rodovias (IPEA, 2010). A infraestrutura rodoviária é extremamente associada ao custo de vida, à produtividade e à competitividade de um país. Portanto, deficiências nesse setor diminuem a confiança dos usuários e dos investidores, além de representarem barreiras ao crescimento socioeconômico (GUASCH, 2002; CAMPOS NETO, 2011). O volume de recursos necessários para melhorar a situação atual das rodovias pode ser bastante oneroso para o Estado; a concessão é uma solução para o impasse (IPEA, 2012). As privatizações de rodovias federais são, em geral, bem aceitas pelos motoristas que as utilizam, com exceção de alguns critérios, como o de segurança (RESENDE *et al.*, 2011).

Em Resende *et al.* (2011), investigou-se a opinião dos usuários das rodovias concedidas com relação ao patrulhamento de segurança – de acordo com uma escala Likert, em que 1 seria o pior desempenho e 5, o melhor. O resultado foi uma média baixa, apontando

opinião de insegurança e desconfiança dos usuários com relação aos trechos rodovias federais concedidas. Segundo Gameiro e Caixeta-Filho (2002), registros de roubo indicam crescimento de roubo de cargas desde 1980, principalmente nas Regiões Sudeste e Nordeste do Brasil. Esse risco leva pessoas e empresas a contratarem seguros e também induz os condutores de veículos a adotarem rotas menos eficientes com o objetivo de evitar roubos; ambas as providências elevam o custo operacional de comercialização das empresas e o custo de vida dos cidadãos (MOREIRA e CARVALHO, 2011).

No que diz respeito ao serviço de primeiros socorros, a Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR, 2015) informa que a concessionárias possuem sistemas de câmeras e de central telefônica de atendimento (*call center*). Esses sistemas apoiam com informações o setor de atendimento pré-hospitalar das concessionárias, que utiliza veículos e funcionários especializados para socorrer vítimas de acidentes. Além disso, são feitas campanhas de conscientização sobre a segurança no trânsito para motoristas e pedestres. Estima-se que 90% das ocorrências sejam causadas por motivos de comportamento, por erros e/ou por violações (HOFFMAN, 2005). Os acidentes de trânsito são um problema de saúde pública e, portanto, cabe à ANTT fiscalizar o cumprimento de providências a esse respeito.

Ainda conforme o Relatório Anual ABCR (2015), os serviços de guincho, de socorro mecânico e de apreensão de animais fornecidos pelas concessionárias também representam ações de prevenção contra acidentes. Carros parados na pista, com problemas mecânicos, e animais soltos nas vias representam obstáculos que levam à diminuição da velocidade de tráfego, aumentando a chance de novos acidentes.

Os sistemas de câmeras, de *call center* e o patrulhamento de equipes de inspeção de trânsito das concessionárias também apoiam o combate a incêndios ao longo das rodovias. A fim de suprir todas essas demandas, são necessários extensas equipes técnicas e veículos especializados, como guinchos (leves pesados e extrapesados), UTI móveis, ambulâncias, caminhões-pipa, caminhões para apreensão de animais, carros de passeio para fazer inspeções na vias (ABCR, 2015). O investimento em recursos é notadamente oneroso, assim, a análise

de eficiência do uso desses recursos em relação à entrega de serviços é de utilidade gerencial para as empresas concessionárias.

Além de seu importante papel socioeconômico, as rodovias concedidas também apresentam modelos de referência quando se trata de prestação de serviço ao usuário. De acordo com a CNT (2014), rodovias federais que estão aos cuidados do governo apresentam pior estado de conservação em comparação com as concedidas. Estudos com o foco na prestação de serviços de rodovias federais concedidas apontam que há resultados positivos e favoráveis no trabalho realizado pelas empresas concessionárias. Abaixo, seguem estudos de avaliação de serviços prestados em rodovias concedidas.

Quadro 2.3 – Publicações sobre eficiência de serviços em rodovias concedidas

Autores	Região	Período	Método	Variáveis	Conclusões
Cook <i>et al.</i> (1991)	Canadá	-	DEA CCR, orientação a <i>inputs</i>	<i>Inputs</i> : despesas de manutenção, despesas de capital, fator climático do meio ambiente. <i>Outputs</i> : fator de área de manutenção, média de tráfego diário, fator de mudança na condição do pavimento, fator de prevenção a acidentes.	A ferramenta DEA é capaz de ser utilizada para mensurar a eficiência do serviço de manutenção de rodovias públicas. Não se pôde concluir que privatização desse serviço aumenta a eficiência da manutenção. Mas se observou que o serviço não privatizado de rodovias demonstrou um desempenho melhor.
Rouse <i>et al.</i> (1997)	Nova Zelândia	-	DEA, três modelos	<i>Inputs</i> : despesas com vedação do asfalto, com reabilitação e com manutenção geral. <i>Outputs</i> : extensão em km das rodovias com vedação das rodovias reabilitadas, índice de manutenção geral (defeitos de superfície), quantidade anual de veículos, aspereza das estradas. Variável categórica: fator climático do meio ambiente.	DEA demonstrou a variabilidade de eficiências dos desempenhos dos órgãos governamentais avaliados e apontou as melhores formas de gerenciar recursos e atividades.
Gomes <i>et al.</i> (2004)	Brasil	1999 a 2000	DEA, dois modelos	Modelo parcial <i>inputs</i> : acidentes/km; <i>outputs</i> : tráfego/km e investimento/km. Modelo global <i>inputs</i> : acidentes/km e receita-dia/km; <i>outputs</i> : índices de eficiência	Os modelos parciais e os índices de eficiência globais permitem avaliar o desempenho das concessionárias. Verificou-se uma tendência de melhora da eficiência, de um período para outro, de todas as empresas analisadas.
Resende <i>et al.</i> (2011)	Brasil	-	<i>Survey</i>	Intensidade da atuação da ANTT e das associações de classe do sistema rodoviário do Brasil (CNT, Anut e ABTC) na fiscalização das empresas concessionárias de rodovias. Qualidade dos serviços prestados pelas concessionárias.	Empresas de logística usuárias de rodovias que foram entrevistadas aprovam o modelo de concessão das vias no Brasil, bem como o serviço prestado pelas concessionárias. Não consideram relevante a participação das associações de classe nem da ANTT.
Azevedo <i>et al.</i> (2012)	Brasil	2005 a 2008	DEA, dois modelos	Modelo I considera o uso dos bens de capital e a gestão de pessoal. Modelo II o uso das receitas e investimentos em segurança	Foram globalmente eficientes a empresas concessionárias Nova Dutra em 2008, Ecosul em 2005 e Ponte S.A. em 2007 e 2008. Sugerem-se mais aplicações com um número maior de empresas.

Fonte: elaboração autoral

### 2.3. O estudo de eficiência e o modelo DEA

Eficiência é um tema compartilhado por várias áreas de conhecimento, desde ciências naturais, como engenharias, a ciências sociais aplicadas, como economia e administração (CHARNES *et al.*, 1978). Quando se tratam de estudos econômicos e administrativos, uma das principais definições de eficiência é a do economista Koopmans (1951), que é uma adaptação para um contexto menor (de uma fábrica, por exemplo) da definição de Vilfredo Pareto: o máximo de um processo produtivo é obtido se e somente se o aumento de uma variável necessariamente causa a diminuição de outra, essa relação ocorre tanto no caso de insumos quanto no de produtos. A definição do economista Vilfredo Pareto apresenta o mesmo viés, mas foi inicialmente aplicada a ao contexto da sociedade:

Diremos que os membros de uma coletividade gozam, em determinada posição, do máximo de ofemilidade, quando se torna impossível encontrar um meio de afastar-se muito pouco dessa posição, de tal maneira que a ofemilidade de que goza cada indivíduo dessa coletividade aumente ou diminua. Isso significa que todo pequeno deslocamento a partir dessa posição tem, necessariamente, como efeito aumentar a ofemilidade de que gozam certos indivíduos e diminuir a de que outros gozam: ser agradável a uns e desagradável a outros. (PARETO, 1984, p. 15)

“Ofemilidade” significa, no contexto, “valor econômico”, palavra usada por autores da área à época. Na literatura sobre o assunto, a eficiência definida acima é denominada de eficiência de Pareto-Koopmans ou simplesmente eficiência de Pareto. A origem do estudo sobre eficiência aplicado ao gerenciamento produtivo está nos estudos sobre o princípio da substituição entre variáveis de produção, analisado através de curvas de indiferença e taxas marginais de substituição (FERREIRA e GOMES, 2009).

O conceito de eficiência é relativo pois é a comparação entre o que foi produzido com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. Essa comparação pode ser feita tanto entre unidades produtivas quanto entre o ideal de produção e o resultado real produtivo (MEZA *et al.*, 2005). Em Ferreira e Gomes (2009) e Meza *et al.* (2005), há a diferenciação entre produtividade, eficiência e eficácia, conforme quadro a seguir:

Quadro 2.4 – Diferença entre produtividade, eficiência e eficácia

Produtividade	Relação entre produtos e insumos: quanto menos insumos são usados para gerar um produto, mais produtiva é a relação.  $Produtividade = \frac{Produtos}{Insumos}$
Eficiência	Eficiência técnica: não envolve valores monetários para descrever as variáveis. Consiste na a obtenção da máxima produção por meio dos insumos disponíveis. Eficiência alocativa: envolve valores monetários para descrever as variáveis. Define-se pela utilização dos insumos de forma ótima e também com os menores custos possíveis, dados os preços dos insumos.
Eficácia	Capacidade de atender aos objetivos. Não se relaciona com a maneira como o processo foi realizado; eficácia não implica eficiência.

Fonte: Ferreira e Gomes (2009) e Meza *et al.* (2005)

Há várias formas de verificar a eficiência de unidades produtivas ou de processos. Atualmente, estudiosos da área utilizam modelos matemáticos que podem ser divididos em dois grandes grupos: os modelos paramétricos e os modelos não paramétricos (FERREIRA E GOMES, 2009). Os modelos paramétricos definem previamente uma fronteira de eficiência baseada em inferências estatísticas e em relações funcionais pré-definidas entre os insumos e produtos, enquanto os modelos não-paramétricos não fazem esse tipo de inferência; estes consideram que a fronteira de eficiência é formada pelos maiores resultados entre as unidades de produção observadas (MEZA *et. al.*, 2005). Farrell (1957) afirma que é mais eficaz para uma organização comparar o desempenho de suas unidades de produção com as suas unidades que demonstrem os melhores desempenhos que as demais. Essa maneira de comparar unidades de produção é mais eficaz do que compará-las com uma suposição de eficiência pré-estabelecida.

Conforme Rosano-Peña (2012), os métodos mais modernos de análise de eficiência remetem aos estudos de Debreu (1951) e Koopmans (1951), cujos conceitos foram desenvolvidos em Farrell (1957). O intento de Farrell era encontrar um índice único de produtividade, utilizando múltiplos insumos e produtos, sem estabelecer previamente uma



suposição de nível ótimo, ou seja, buscava um modelo não paramétrico. Segundo Coelli *et al.* (2005), o modelo matemático de Análise Envoltória de Dados (DEA) é um modelo relevante na literatura sobre modelos não paramétricos. É baseado em Programação Linear para traçar a fronteira de possibilidades de produção; analisa-se somente a eficiência técnica, pois não leva em consideração custos ou preços das variáveis de insumos e produtos (FERREIRA e GOMES, 2009).

A Análise Envoltória de Dados otimiza individualmente cada unidade tomadora de decisão, doravante denominada DMU (do inglês *Decision Making Unit*), conforme literatura sobre o assunto. O objetivo da otimização é determinar uma fronteira de eficiência usando apenas as unidades de decisão que apresentam eficiência Pareto-Koopmans, ou seja: relação entre produto e insumo igual a 1, 100% eficientes. A relação deve ser igual a 1 porque a divisão de produtos por insumos mostra que para cada produto um insumo é usado. No caso de a relação ser menor do que 1, significa que para gerar um produto são utilizados mais do que um insumo. Segundo Coelli *et al.* (2005), há a possibilidade de as DMUs que se encontram na fronteira de eficiência reduzirem seu insumos ou aumentarem seus produtos, essa possibilidade é chamada de “folga”. As DMUs que possuem folgas e que estão na fronteira de eficiência têm eficiência fraca; as que não possuem folgas, têm eficiência forte.

As eficiências técnicas das DMUs são obtidas pela otimização da divisão da soma ponderada de produtos pela soma ponderada de insumos. Essa ponderação é feita através de Programação Linear aplicada a cada DMU (MEZA *et al.*, 2005). Produtos também são chamados na literatura sobre o assunto de “*outputs*” ou “saídas”, insumos, de “*inputs*” ou “entradas”. Em DEA, a eficiência pode ser avaliada com o foco em insumos ou em produtos. O foco em insumos procura verificar o quanto os insumos podem ser reduzidos, enquanto se mantém a mesma quantidade produzida. Já no foco em produtos, verifica-se o quanto se pode aumentar na produção mantendo-se o mesmo nível de insumos.

A solução dos Problemas de Programação Linear (PPLs) otimiza a ponderação da soma de produtos e da soma dos insumos. O somatório dos pesos de ponderação deve ser um

valor menor ou igual a 1 (CHARNES *et al.*, 1978; MEZA *et al.*, 2005). Segundo Meza *et al.* (2005), a ponderação para calcular a eficiência das DMUs ocorre de forma mais benevolente possível, ou seja, cada DMU pode definir o peso das variáveis de produtos e de insumos para gerar o maior resultado possível da divisão. Segue uma modelagem para construir o entendimento sobre assunto, não é um PPL e sim um problema de programação matemática, orientado a insumo, aplicado para a eficiência de cada DMU, sendo  $E_{FO}$  a eficiência da DMU observada dentro de um conjunto  $k$  de DMUs ( $k = 1, 2, \dots, n$ ), sendo  $y_{jk}$  os produtos ( $j = 1, 2, \dots, m$ ),  $x_{ik}$  os insumos ( $i = 1, 2, \dots, r$ ),  $u_j$  os pesos dos produtos e  $v_i$  os pesos dos insumos:

$$\begin{aligned} \text{Max } E_{FO} &= \frac{\sum_{j=1}^m u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \\ \text{Sujeito a} & \\ & \frac{\sum_{j=1}^m u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \leq 1, \forall k \\ & u_j, v_i \geq 0, \forall i, j \end{aligned} \tag{2.1}$$

A solução da programação matemática acima gera resultados para os pesos  $u$  e  $v$ , que são as variáveis de decisão, e apontam o quanto se deve utilizar de cada insumo ou produzir de cada produto. Contudo, os pesos serão os mesmos para todas as DMUs, o que não corresponde à realidade, pois cada DMU utiliza insumos de produtos de forma diferente. Ademais, esse PPL permite infinitas possibilidades, pois se  $u^*$  e  $v^*$  são os pesos ótimos,  $zu^*$  e  $zv^*$  também o são, isso significa que pode haver vários resultados para um mesmo problema (FERNANDES, 2014). No entanto, o modelo de Charnes *et al.* (1987) estrutura o PPL de maneira que a eficiência da DMU observada seja comparada com as demais DMUs. O modelo a seguir chama-se CCR na forma Multiplicativa, com orientação a insumos, em que  $y_{j_0}$  e  $x_{i_0}$  são respectivamente insumos e produtos da DMU observada:

$$Max E_{FO} = \sum_{j=1}^m u_j y_{jo}$$

Sujeito a: (2.2)

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$$

$$u_j, v_i \geq 0, \forall i, j$$

Ferreira e Gomes (2009) mostram que no modelo inicial, CCR, a inclinação da fronteira de eficiência, também chamada de Curva de Possibilidades de Produção (CPP), será igual ao resultado da divisão entre produto e insumo de DMUs eficientes, que será o mesmo resultado para todas as DMUs eficientes. O modelo CCR de multiplicadores (2.2) possui sua forma dual, essa forma é denominada Envoltória, também com orientação a insumos. Abaixo, tem-se a modelagem do modelo Envoltório de DEA CCR, voltada para insumos, em que  $k$  é o conjunto de DMUs ( $k = 1, 2, \dots, n$ ),  $\theta$  é a eficiência técnica do uso de insumos,  $x_{io}$  é o insumo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, r$ ) da DMU observada (avaliada) e  $y_{jo}$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) é o produto  $j$  da DMU observada e  $\lambda_k$  é o vetor de que define a contribuição da DMU <sub>$o$</sub> , na formação da fronteira eficiente, e que define o alvo para insumos ou produtos da DMU observada:

$$Min \theta$$

Sujeito a: (2.3)

$$\theta x_{io} - \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik} \geq 0, \forall i$$

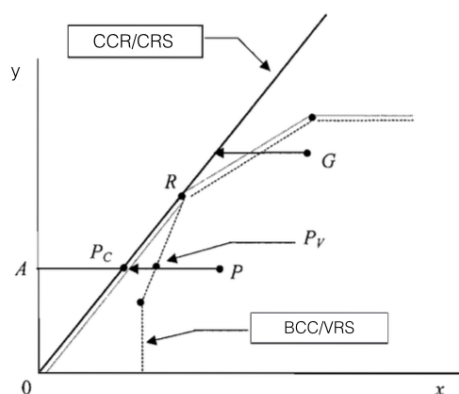
$$\sum_{k=1}^n \lambda_k y_{jk} - y_{jo} \geq 0, \forall j$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k$$

Em Charnes *et al.* (1987) esse método foi nomeado Análise Envoltória de Dados, aplicou-se esse modelo ao desempenho de alunos de uma escola, utilizando múltiplos insumos e produtos. Esse primeiro modelo é chamado DEA CRS (*Constant Returns to Scale*, retornos constantes de escala) ou CCR, devido às iniciais dos sobrenomes dos autores do estudo Charnes, Cooper e Rhodes. Tal análise verifica que qualquer variação em *inputs* causa variação proporcional em *outputs*, apresentando retornos constantes de escala.

Em sequência ao CCR, o estudo de DEA foi ampliado para análises com retornos variáveis de escala (VRS, *Variable Returns to Scale*). No artigo de Banker *et al.* (1984) (MEZA *et al.*, 2005), esse modelo DEA foi chamado de VRS ou BCC, pelo mesmo motivo do anterior, sobrenome dos autores são Banker, Charnes e Cooper. No modelo BCC, o aumento de insumos não resulta em aumentos proporcionais nos produtos. Para ilustrar esses modelos, segue gráfico explicativo que demonstra os resultados de eficiência de DMUs utilizando o DEA CCR e BCC. Os pontos que estão sobre as linhas são consideradas as DMUs eficientes, qualquer ponto fora das linhas é considerado ineficiente. As DMUs que compõem a fronteira são também chamadas de *benchmarks*, nelas, as demais DMUs menos eficientes se espelham para alcançar maior eficiência.

Gráfico 2.1 – Ilustração da plotagem dos modelos CCR e BCC



Fonte: COELLI *et al.*, 2005 e edições autorais

Logo após o modelo de DEA CCR, foram propostos outros complementares e extensões do modelo inicial, como o BCC. Segundo Ferreira e Gomes (2009), Banker *et al.* (1984) introduziram uma restrição de convexidade ao CCR, que está na terceira restrição da representação do modelo BCC a seguir, com orientação a insumo:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta \\
 \text{Sujeito a:} & \\
 & \theta x_{io} - \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik} \geq 0, \forall i \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k y_{jk} - y_{jo} \geq 0, \forall j \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k.
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

O modelo acima é o Envoltório do BCC, que também pode ser representado por meio do modelo de Multiplicadores. Segue quadro com o resumo das modelagens iniciais para DEA CCR e BCC em abordagem de multiplicadores e envoltória, com orientações a insumos e a produtos.

Quadro 2.5 – Resumo das modelagens básicas de Análise Envoltória de Dados

Modelo dos multiplicadores CCR orientação a insumo, eficiência da DMU <sub>o</sub> (2.2)	Modelo dos multiplicadores CCR orientação a produto, eficiência da DMU <sub>o</sub> (2.5)
$  \begin{aligned}  & \text{Max } E_{FO} = \sum_{j=1}^m u_j y_{jo} \\  \text{Sujeito a:} & \\  & \sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1 \\  & \sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k \\  & u_j, v_i \geq 0, \forall i, j  \end{aligned}  $	$  \begin{aligned}  & \text{Min } E_{FO} = \sum_{i=1}^r v_i x_{io} \\  \text{Sujeito a:} & \\  & \sum_{j=1}^m u_j y_{jo} = 1 \\  & \sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k \\  & u_j, v_i \geq 0, \forall i, j  \end{aligned}  $

<p>Modelo Envoltório CCR orientação a insumo, eficiência da DMUo (2.3)</p> $\text{Min } \theta$ <p>Sujeito a:</p> $\theta x_{io} - \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik} \geq 0, \forall i$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k y_{jk} - y_{jo} \geq 0, \forall j$ $\lambda_k \geq 0, \forall k$	<p>Modelo Envoltório CCR orientação a produto, eficiência da DMUo (2.6)</p> $\text{Max } \phi$ <p>Sujeito a:</p> $x_{io} - \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik} \geq 0, \forall i$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k y_{jk} - \phi y_{jo} \geq 0, \forall j$ $\lambda_k \geq 0, \forall k$
<p>Modelo dos multiplicadores BCC orientação a insumo, eficiência da DMUo (2.7)</p> $\text{Max } E_{FO} = \sum_{j=1}^m u_j y_{jo} + u_0$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1$ $\sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + u_0 \leq 0, \forall k$ $u_j, v_i \geq 0, \forall i, j$	<p>Modelo dos multiplicadores BCC orientação a produto, eficiência da DMUo (2.8)</p> $\text{Min } E_{FO} = \sum_{i=1}^r v_i x_{io} + v_0$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{j=1}^m u_j y_{jo} = 1$ $\sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + v_0 \leq 0, \forall k$ $u_j, v_i \geq 0, \forall i, j$
<p>Modelo Envoltório BCC orientação a insumo, eficiência da DMUo (2.4)</p> $\text{Min } \theta$ <p>Sujeito a:</p> $\theta x_{io} - \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik} \geq 0, \forall i$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k y_{jk} - y_{jo} \geq 0, \forall j$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0, \forall k$	<p>Modelo Envoltório BCC orientação a produto, eficiência da DMUo (2.9)</p> $\text{Max } \phi$ <p>Sujeito a:</p> $x_{io} - \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik} \geq 0, \forall i$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k y_{jk} - \phi y_{jo} \geq 0, \forall j$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0, \forall k$

Fonte: Ferreira e Gomes (2009) e elaboração autoral.

Conforme Souza (2003), há críticas a respeito da natureza determinística da abordagem DEA, pois não considera erros de medida e ruídos na determinação da fronteira, sendo assim, os desvios da fronteira resultam de ineficiência técnica e de causas que estão sob controle da DMU.

Por outro lado, a DEA é útil ao setor público ou atividades com baixa competição, pois nessas situações não há mecanismo de liquidação que expulse rapidamente as unidades ineficientes, como a falência de empresas particulares. Dessa forma, a DEA permite observar quais unidades são ineficientes e também indica como reverter esse quadro. O modelo DEA permite a utilização de múltiplos insumos e produtos, o que atende à situação das organizações públicas, que oferecem bens e serviços produzidos por múltiplos insumos (ROSANO-PEÑA, 2012; FERREIRA e GOMES, 2009; COELLI *et al.*, 2005). Ademais, não requer que todas as variáveis sejam transformadas para uma mesma unidade de medida, o que aumenta a confiabilidade do modelo. Comumente o valor monetário é usado como unidade de medida para variáveis, principalmente para avaliações de eficiência alocativa; no entanto, é uma base instável que muda conforme a época e o local.

#### **2.4. Índice de Malmquist**

Enquanto a modelagem DEA apresenta resultados pontuais no tempo, o índice de Malmquist mensura a mudança ocorrida na eficiência de uma firma entre dois períodos de tempo distintos, através do cálculo entre a distância de cada ponto de eficiência (COELLI *et al.*, 2005). Segundo Kirchner (2013), Sten Malmquist, em 1953, utilizou função distância em estudos econômicos, que foi aplicada em Caves *et al.* (1982) que a nomearam de índice de Malmquist. Em Färe *et al.* (1994), esse índice foi utilizado junto com DEA e essa aplicação conjunta é conhecida como Fator de Produtividade Total (FTP).

Esse índice é composto pela mudança na eficiência técnica e pela mudança na tecnologia disponível (KIRCHNER, 2013). Considerando orientação a insumo, a primeira mudança consiste na diminuição dos insumos utilizados por uma DMU ao longo do tempo, causando deslocamento de uma DMU ao longo da curva de possibilidades de produção (CPP) ou dentro da área curva, esse movimento é chamado *catch-up*. A segunda mudança consiste no uso de menos recursos que foi proporcionado por um avanço tecnológico, causando deslocamento de toda a CPP, chamado de *frontier-shift* (COELLI *et al.*, 2005; FERREIRA e

GOMES, 2009). O cálculo do índice depende do cálculo da eficiência técnica calculada por DEA. Além disso, a equação do índice também varia conforme a orientação usada em DEA. A seguir, será apresentada a composição do índice de Malmquist que deve ser aplicado à modelagem DEA de orientação a insumo. As equações para a orientação a produto são diferentes.

A mudança na eficiência técnica (*catch-up*) é representada pela modelagem abaixo, em que  $\theta_o^t$  é a eficiência da DMU  $o$  no tempo  $t$ , calculada com a modelagem DEA,  $x_o^t$  e  $y_o^t$  são o insumo e o produto da DMU  $o$ , respectivamente, no tempo  $t$ , e  $t+1$  é o período seguinte:

$$\text{Mudança na eficiência técnica} = \frac{\theta_o^t(x_o^t y_o^t)}{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1} y_o^{t+1})} \quad (2.10)$$

A mudança na tecnologia disponível (*frontier-shift*) segue na modelagem abaixo, em que  $\theta_o^{t+1}$  é a eficiência da DMU  $o$  no tempo seguinte,  $x_o^{t+1}$  e  $y_o^{t+1}$  são os insumos e os produtos da DMU  $o$  no período seguinte:

$$\text{Mudança na tecnologia} = \left[ \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1} y_o^{t+1})}{\theta_o^t(x_o^{t+1} y_o^{t+1})} \cdot \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^t y_o^t)}{\theta_o^t(x_o^t y_o^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.11)$$

O índice de Malmquist resulta do produto da mudança na eficiência técnica e da mudança na tecnologia:

$$\text{Índice de Malmquist} = \frac{\theta_o^t(x_o^t y_o^t)}{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1} y_o^{t+1})} \times \left[ \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1} y_o^{t+1})}{\theta_o^t(x_o^{t+1} y_o^{t+1})} \cdot \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^t y_o^t)}{\theta_o^t(x_o^t y_o^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.12)$$

A interpretação dos resultados que compõe o índice de Malmquist e do próprio índice deve ser feita considerando a orientação, para insumos ou para produtos, e também o sentido temporal da análise, se é do mais antigo para o mais recente ou do mais recente para o mais



antigo (FERREIRA e GOMES, 2009; KIRCHNER, 2013). O quadro abaixo revela as interpretações para o índice de Malmquist aplicado ao DEA com orientação a insumos:

Quadro 2.6 – Intepretações do resultado do índice de Malmquist

Índice	Período crescente t para t+1	Período decrescente t+1 para t	Interpretação
Índice de Malmquist (IM)	IM < 1	IM > 1	Melhoria da produtividade
	IM = 1	IM = 1	Manutenção da produtividade
	IM > 1	IM < 1	Piora da produtividade
Mudança na tecnologia (IT)	IT < 1	IT > 1	Melhoria da tecnologia
	IT = 1	IT = 1	Manutenção da tecnologia
	IT > 1	IT < 1	Piora da tecnologia
Mudança na eficiência técnica (IE)	IE < 1	IE > 1	Melhoria da eficiência
	IE = 1	IE = 1	Manutenção da eficiência
	IE > 1	IE < 1	Piora da eficiência

Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

### 3. METODOLOGIA

O modelo DEA usado para avaliar a eficiência em prestação de serviços das empresas concessionárias de rodovias federais foi o envoltório BCC e o envoltório CCR, ambos com orientação a *inputs*. Os dados, disponíveis no Anexo 1, foram extraídos dos Relatórios Anuais sobre Rodovias Federais Concedidas, publicados pela ANTT, dos anos de 2009 a 2013. Os insumos são 1) quantidade anual de funcionários das empresas e 2) quantidade anual de veículos usados para trabalho das empresas; os produtos são 1) quantidade anual de atendimentos ao usuário e 2) quantidade anual de veículos que trafegam no trecho concedido.

A análise orientou-se para insumos, ou seja, avaliou-se a possibilidade de as concessionárias entregarem a mesma performance em prestação de serviço com menos insumos. Essa orientação foi escolhida porque alguns dos serviços que as empresas concessionárias oferecem são necessidades que os motoristas demandam ou envolvem situações que as concessionárias desejam evitar. Por conseguinte, a orientação para produtos significaria verificar a possibilidade de aumentar a produção de atendimentos pré-hospitalares ou de problemas mecânicos, por exemplo. Sendo assim, partindo do ponto de vista de evitar

tais situações, o que se restaria para uma concessionária fazer é prestar esses serviços com a menor quantidade possível de insumos.

O *software* utilizado para calcular a Análise Envoltória e o Índice de Malmquist será o MaxDEA Pro 6.3. O período escolhido para análise do grupo de empresas concessionárias foi dos anos de 2009 a 2013, cinco anos. As concessionárias escolhidas são as participantes da 1ª e 2ª etapa do Procofe e que estiveram presentes em todos os Relatórios Anuais de Rodovias Federais Concedidas publicados pela ANTT durante o período de 2009 a 2013. As concessões que iniciaram depois de 2009 e as que encerraram antes de 2009 não foram consideradas nesse trabalho. Em um total de 13, as concessionárias analisadas são:

Quadro 3.1 – DMUs analisadas

DMU	Início do contrato	Concessionária	Trecho de BR	Extensão (km)
DMU 1	2008	Autopista Fernão Dias S/A	De Belo Horizonte (MG) a São Paulo (SP)	562,1
DMU 2	2008	Autopista Fluminense S/A	Da Ponte Rio-Niterói (RJ) a divisa RJ/ES	320,1
DMU 3	2008	Autopista Litoral Sul S/A	De Curitiba (PR) a Palhoça (SC)	405,9
DMU 4	2008	Autopista Planalto Sul S/A	De Curitiba (PR) até divisa SC/RS	412,7
DMU 5	2008	Autopista Régis Bittencourt S/A	De São Paulo (SP) a Curitiba (PR)	401,6
DMU 6	1997	Concepa S/A	Osório (RS) - Porto Alegre (RS)	121
DMU 7	1996	Concer S/A	Rio de Janeiro (RJ) - Juiz de Fora (RJ)	179,9
DMU 8	1996	CRT S/A	Rio de Janeiro (RJ) - Teresópolis (RJ) - Além Paraíba (MG)	142,5
DMU 9	1998	Ecosul S/A	Polo de Pelotas (RS)	457,3
DMU 10	1996	NovaDutra S/A	Rio de Janeiro (RJ) - São Paulo (SP)	402
DMU 11	1995	Ponte S/A	Ponte Rio (RJ) – Niterói (RJ) e acesso total	23,34
DMU 12	2008	Rodovia do Aço S/A	Da divisa MG/RJ à entrada para BR 116	200,4
DMU 13	2008	Transbrasileira Concessionária de Rodovia S/A	Da divisa de MG/SP à divisa SP/PR	321,6

Fonte: Relatório Anual de Rodovias Concedidas (ANTT, 2014)

Após a aplicação do método DEA, as concessionárias foram ranqueadas em ordem decrescente, a partir da média geométrica de suas eficiências de todos os anos. A fim de evitar uma desnecessária extensão da análise, as ineficiências e as possíveis soluções serão apontadas somente para o último ano, 2013. Após essa etapa, será aplicado o Índice de

Malmquist, a fim de verificar se houve melhoria ou piora na eficiência das concessionárias analisadas ao longo do período analisado.

Essa abordagem baseou-se principalmente em Azevedo *et al.* (2012), Gomes *et al.* (2004) e Cook *et al.* (1991), e a contribuição do presente estudo é o aumento da análise para um número maior de rodovias avaliadas e também para um período maior avaliado; ademais, outra contribuição foi a aplicação do índice de Malmquist, para verificar mais adequadamente o comportamento das eficiências longo do tempo.

#### 4. RESULTADOS

Os modelos DEA CCR e DEA BCC, com orientação a *inputs*, foram aplicados à amostra de 13 DMUs. Os gráficos do Anexo 2 expõem as eficiências dadas por DEA CCR e BCC para todos os anos analisados, além de fazerem uma comparação destas com os insumos utilizados e os produtos gerados no ano de 2013, ano mais recente. A modelagem CCR não foi adequada para o contexto, pois seus resultados sugerem soluções de redução de insumos que não se adequam ao contexto das empresas, de acordo com os resultados que estão no Anexo 5. Em contraste, o modelo BCC gerou resultados mais adequados: tanto de eficiência como de soluções para a redução de insumos, conforme o Anexo 4. Por esse motivo, o modelo BCC será o exposto nessa seção. A Tabela 4.1, abaixo, e o Gráfico 4.1, em seguida, expõem os resultados obtidos para o modelo DEA BCC.

Tabela 4.1 – Eficiência DEA BCC temporal 2009 a 2013

DMU	Empresa	2009	2010	2011	2012	2013	Média geométrica
DMU 1	Autopista Fernão Dias S/A	0,439741	0,65685	1	1	1	0,780068306
DMU 2	Autopista Fluminense S/A	0,67537	1	0,531714	0,476616	0,397773	0,584258119
DMU 3	Autopista Litoral Sul S/A	0,590877	0,874151	0,699252	1	0,923226	0,802795737
DMU 4	Autopista Planalto Sul S/A	0,548461	0,931328	0,753328	0,768865	1	0,783820328
DMU 5	Autopista Régis Bittencourt S/A	1	1	1	1	1	1
DMU 6	Concepa S/A	1	0,77222	0,735973	0,740259	0,890189	0,821663073
DMU 7	Concer S/A	0,387989	0,503742	0,675151	0,714072	0,958407	0,618221485
DMU 8	CRT S/A	0,829196	0,853564	0,812849	0,950735	0,803362	0,848349457
DMU 9	Ecosul S/A	0,802317	1	1	1	0,955604	0,948254234
DMU 10	NovaDutra S/A	1	1	1	1	1	1

DMU 11	Ponte S/A	0,926569	0,765439	0,791873	0,935103	1	0,879145318
DMU 12	Rodovia do Aço S/A	1	0,956624	0,96	0,791781	0,637212	0,857393734
DMU 13	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A	1	1	1	1	1	1
	Média	0,784655385	0,870301385	0,843087692	0,875187	0,889674846	
	Desvio Padrão	0,221167025	0,150926067	0,153344396	0,15788275	0,174616363	

Fonte: dados da pesquisa.

A partir da tabela, observa-se que em 2013, seis DMUs foram 100% eficientes. Dessas, três foram eficientes em todos os anos da análise – DMUs 5, 10 e 13, respectivamente, Autopista Régis Bittencourt S/A, NovaDutra S/A e Transbrasiliana Concessionária de Rodovias S/A. A Autopista Régis Bittencourt S/A, foi a líder global na análise de *benchmark*, cuja descrição ano a ano está no Anexo 3; o que significa que a maioria das DMUs projetaram sua melhoria com base nos resultados dela.

Ainda pela tabela, nota-se que as DMUs 1, 3, 4 e 7 (Autopista Fernão Dias S/A, Autopista Litoral Sul S/A, Autopista Planalto Sul S/A e Concer S/A) apresentaram eficiências cada vez maiores a cada ano, com relação à fronteira de eficiência. Por outro lado as DMUs 2 e 12 (Autopista Fluminense S/A e Rodovia do Aço S/A) apresentaram eficiências cada vez menores em relação à fronteira de eficiência. As DMUs 6 e 8 (Concepa S/A e CRT S/A) não revelaram um padrão em seus comportamentos. As DMUs 9 e 11 (Ecosul S/A e Ponte S/A) obtiveram índice de eficiência 100% que não foi mantido em alguns anos. O gráfico a seguir demonstra visualmente os dados da Tabela 4.1:

Gráfico 4.1 – Eficiência DEA BCC temporal 2009 – 2013



Fonte: dados da pesquisa.

O índice de eficiência é dado com relação à fronteira de eficiência do ano singularmente observado. Se uma DMU se posiciona melhor com relação à fronteira, ou seja, obtém um índice de eficiência maior do que o do ano anterior, a razão para isso ter ocorrido não necessariamente é a melhoria da eficiência dessa DMU, isso pode ter sido causado por mudanças na fronteira de eficiência. É importante reter essa informação para analisar o índice de Malmquist, mais adiante. Para cada ano, houve uma fronteira de eficiência diferente e as DMUs se organizaram com base nessas fronteiras, o que significa que o aumento ou decréscimo que algumas apresentaram ocorreu em relação às DMUs eficientes de cada ano. O que se observa com o gráfico é que há indício de aumento da eficiência, no geral, para o grupo de DMUs, com algumas exceções.

A fim de ranquear as DMUs, fez-se a média geométrica das eficiências obtidas por DEA BCC-*inputs*, dos cinco anos, para cada DMU. Essa média foi usada para montar a Tabela 4.2 a seguir:

Tabela 4.2 – *Ranking* da media de eficiência temporal

DMU	DMU	Etapa do Procofe	Média eficiência	Ranking
5	Autopista Régis Bittencourt S/A	2 <sup>a</sup>	1	1
10	NovaDutra S/A	1 <sup>a</sup>	1	1
13	Transbrasiliana Concession. de Rodovia S/A	2 <sup>a</sup>	1	1
9	Ecosul S/A	1 <sup>a</sup>	0,948254234	2
11	Ponte S/A	1 <sup>a</sup>	0,879145318	3
12	Rodovia do Aço S/A	2 <sup>a</sup>	0,857393734	4
8	CRT S/A	1 <sup>a</sup>	0,848349457	5
6	Concepa S/A	1 <sup>a</sup>	0,821663073	6
3	Autopista Litoral Sul S/A	2 <sup>a</sup>	0,802795737	7
4	Autopista Planalto Sul S/A	2 <sup>a</sup>	0,783820328	8
1	Autopista Fernão Dias S/A	2 <sup>a</sup>	0,780068306	9
7	Concer S/A	1 <sup>a</sup>	0,618221485	10
2	Autopista Fluminense S/A	2 <sup>a</sup>	0,584258119	11

Fonte: dados da pesquisa

As DMUs que pertencem à 2<sup>a</sup> etapa do Procofe obtiveram uma eficiência média menor do que as da 1<sup>a</sup> etapa, pois, da 7<sup>a</sup> posição em diante, as concessões mais recentes compõe a maioria; o que ampara, mas não a conclui, a hipótese de que o tempo de operação pode contribuir para uma eficiência maior, embora não seja conclusivo.

Também foi possível auferir do modelo DEA, tanto BCC quanto CCR, as projeções do nível necessário de redução para cada insumo de cada DMUs, a fim de que seus usos de insumos possam ser mais eficientes. No Anexo 4 há os resultados dessas projeções para todos os anos, feitas por DEA BCC para a quantidade de funcionários e a quantidade de veículos, que as concessionárias devem utilizar para alcançar a marca de 100% de eficiência. No Anexo 5, há as projeções de redução de insumo feitas a partir de DEA CCR. Abaixo, seguem as Tabelas 4.3 e 4.4 com os resultados dessas projeções feitos com o modelo BCC de DEA, para o ano de 2013. A ênfase na análise para o ano de 2013 se deve ao fato de que é o ano mais recente do período analisado, portanto, o conjunto de dados mais atualizado dos que foram publicadas pela ANTT.

Tabela 4.3 – Projeção de redução na quantidade de funcionários, DEA BCC, ano 2013

Ano	DMU	Eficiência DEA BCC	Alteração sugerida	Folga	Projeção
2013	DMU 1	1	0	0	874
	DMU 2	0,397773	-959,34744	-226,881143	406,771417
	DMU 3	0,923226	-44,375418	0	533,624582
	DMU 4	1	0	0	267
	DMU 5	1	0	0	630
	DMU 6	0,890189	-40,959623	0	332,040377
	DMU 7	0,958407	-36,394273	-487,072213	351,533514
	DMU 8	0,803362	-81,408081	0	332,591919
	DMU 9	0,955604	-15,050083	0	323,949917
	DMU 10	1	0	0	1485
	DMU 11	1	0	0	336
	DMU 12	0,637212	-157,450055	0	276,549945
	DMU 13	1	0	0	0

Fonte: dados da pesquisa

Com base na tabela acima, nota-se que a DMU 2, Autopista Fluminense S/A, poderia diminuir 227 funcionários que estão na condição “folga” (*slack*, em inglês) ou seja, estão em excesso; além desses, 959 podem ser reduzidos para alcançar a fronteira de eficiência, com projeção final de 407 funcionários. Conforme se observa no Anexo 2, há indícios de ociosidade na mão-de-obra dessa DMU, que faz o mesmo número ou um número menor atendimentos do que as demais DMUs com uma quantidade maior de mão-de-obra. O mesmo comentário vale para as DMUs que obtiveram valores de alteração atribuídos a si.

Tabela 4.4 – Projeção de redução quantidade de veículos, DEA BCC, ano 2013

Ano	DMU	Eficiência DEA BCC	Alteração sugerida	Folga	Projeção
2013	DMU 1	1	0	0	120
	DMU 2	0,397773	-62,02937	0	40,97063
	DMU 3	0,923226	-8,982567	-6,823278	101,194155
	DMU 4	1	0	0	63
	DMU 5	1	0	0	115
	DMU 6	0,890189	-5,600377	0	45,399623
	DMU 7	0,958407	-1,372584	0	31,627416
	DMU 8	0,803362	-7,472239	0	30,527761
	DMU 9	0,955604	-1,598239	0	34,401761
	DMU 10	1	0	0	219
	DMU 11	1	0	0	29
	DMU 12	0,637212	-33,013721	0	57,986279
	DMU 13	1	0	0	42

Fonte: dados da pesquisa

Novamente a DMU 2, Autopista Fluminense S/A, recebeu os maiores valores que indicam necessidade de diminuição de insumos, pois foi detectada ociosidade em comparação com as demais DMUs. Em suma, as sete DMUs ineficientes receberam uma indicação da diminuição necessária nos insumos de mão-de-obra e de veículos para prestação de serviços. A DMU 2, foi a que recebeu os menores índices de eficiência e a maior necessidade de diminuição de insumos.

Embora, no ano de 2013, várias DMUs precisassem fazer modificações em seus insumos, convém verificar se ocorreram melhorias na disposição desses insumos ao longo dos anos. Para isso, o índice de Malmquist revela a mudança na eficiência ao longo do tempo. A Tabela 4.2 indica o índice global Malmquist aplicado ao modelo BCC, calculado com a equação 3.12, para todos os anos.

Tabela 4.5 – Índice global de Malmquist aplicado ao modelo DEA BCC

DMU	Índice de Malmquist de 2009 para 2010	Índice de Malmquist de 2010 para 2011	Índice de Malmquist de 2011 para 2012	Índice de Malmquist de 2012 para 2013	Média geométrica
DMU 1	2,713584	1,820172	1,336919	0,807218	1,519455
DMU 2	1,345754	0,504812	0,811554	0,667407	0,778845
DMU 3	1,324677	0,734873	1,101576	0,871983	0,983357
DMU 4	1,208293	0,797501	0,999494	1,295629	1,056917
DMU 5	0,855859	0,904169	0,802212	0,769764	0,831428
DMU 6	0,622646	0,959062	0,925023	1,150466	0,89285
DMU 7	0,947086	1,338539	0,991217	1,235019	1,116132
DMU 8	0,662206	0,996032	1,015724	0,828291	0,86309
DMU 9	0,834543	1,035407	0,949642	0,851435	0,914256
DMU 10	0,966429	1	1	1	0,9915
DMU 11	0,755786	1,012677	0,905327	1,108472	0,93616
DMU 12	0,595111	1,05427	0,658834	0,816294	0,762155
DMU 13	0,958999	0,993376	0,778703	0,942424	0,914403

Fonte: dados da pesquisa.

De acordo com as interpretações do Quadro 2.6, observa-se que houve uma melhora geral na eficiência global. De 2012 para 2013, somente em quatro DMUs: 4, 6, 7 e 11, (respectivamente, Autopista Planalto Sul S/A, Concepa S/A, Concer S/A e Ponte S/A) apresentaram piora. Com a média geométrica, que fornece um resultado geral, observa-se que somente as DMUs 1 e 7, Autopista Fernão Dias S/A e Concer S/A, diminuiram suas



eficiências globais ao longo do período, conquanto, verificou-se no Gráfico 4.1 que a eficiência em relação à fronteira aumentou em quase todas as DMUs observadas.

Para entender melhor os resultados, o índice de Malmquist foi decomposto e verificou-se como ocorreram as mudanças (*catch-up* e *frontier-shift*). Seguem as Tabelas 4.6 e 4.7, com as médias geométricas dos fatores resultantes da decomposição do índice de Malmquist.

Tabela 4.6 – Média geométrica da mudança na eficiência técnica: índice de Malmquist aplicado a DEA BCC

DMU	Média geométrica: mudança na eficiência
DMU 1	1,228007
DMU 2	0,876039
DMU 3	1,118028
DMU 4	1,16202
DMU 5	1
DMU 6	0,971338
DMU 7	1,253668
DMU 8	0,992118
DMU 9	1,04468
DMU 10	1
DMU 11	1,01925
DMU 12	0,893451
DMU 13	1

Fonte: dados da pesquisa

Tabela 4.7 – Média geométrica da mudança na tecnologia: índice de Malmquist aplicado a DEA BCC

DMU	Média geométrica: mudança na tecnologia
DMU 1	1,237334
DMU 2	0,889053
DMU 3	0,879546
DMU 4	0,909552
DMU 5	0,831428
DMU 6	0,919196
DMU 7	0,890293
DMU 8	0,869947
DMU 9	0,875155
DMU 10	0,9915
DMU 11	0,91848
DMU 12	0,853046
DMU 13	0,914403

Fonte: dados da pesquisa

A Tabela 4.6 mostra que as DMUs 1, 3, 4 e 7, respectivamente, Autopista Fernão Dias S/A, Autopista Planalto Sul S/A, Autopista Litoral Sul S/A e Concer S/A, apresentaram diminuição na eficiência técnica; contudo, foram as mesmas em que se observou um aumento a cada ano com a análise DEA – o que demonstra que, mesmo com essa diminuição, essas DMUs se posicionaram cada vez mais próximas à fronteira de eficiência a cada ano. Dessas citadas, as três primeiras pertencem à 2ª etapa do Procofe, a última pertence à 1ª etapa. A partir da Tabela 4.7 é possível observar que houve melhoria na tecnologia ao longo do tempo, já que somente a Autopista Fernão Dias, DMU 1, apresentou piora. Isso justifica o resultado majoritário de melhora menor do que 1 no índice global de Malmquist, dado por sua média geométrica: a tecnologia melhorou, mas a eficiência técnica diminuiu um pouco.

Um ponto interessante da análise é que as DMUs formadoras de fronteira de eficiência, cujo resultado foi 1 na análise DEA-BCC-*inputs*, as DMUs 5, 10 e 13 (Autopista Régis Bittencourt S/A, NovaDutra S/A e Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A) não revelaram mudanças significativas a partir do índice de Malmquist: mantiveram o desempenho igual a 1 em eficiência técnica e seu índice mudança tecnológica melhorou, mas não o suficiente para gerar grandes melhorias, que seriam indicadas pelo índice global de Malmquist. Sabendo que as DMUs da fronteira mantiveram seus desempenhos praticamente estáveis e que as demais DMUs demonstraram melhorias em seus índices de Malmquist, pode-se entender o motivo por que elas obtiveram resultados cada vez mais próximos da fronteira de eficiências nos resultados de DEA; com exceção das DMUs 2 e 12, que mesmo melhorando seus desempenhos, conforme o índice Malmquist, não lograram aproximar-se da fronteira, como as outras. Segue um resumo sobre as informações desenvolvidas:

Quadro 4.1 – Resumo dos resultados

Avaliação	DMUs	Metodologia	Período analisado
Mais eficiente(s)	5, 10 e 13	DEA BCC orientação a <i>inputs</i>	2009 a 2013
Menos eficiente(s)	2 e 12		
Melhora na eficiência técnica	2, 6, 8 e 12	Índice de Malmquist para DEA BCC orientação a <i>inputs</i>	2009 a 2013
Manutenção da eficiência técnica	5, 9, 10, 11 e 13		
Piora na eficiência técnica	1, 3, 4 e 7		
Melhora na tecnologia	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,9, 10, 11, 12 e 13	Índice de Malmquist para DEA BCC orientação a <i>inputs</i>	2009 a 2013
Manutenção da tecnologia	-		
Piora na tecnologia	1		

Fonte: dados da pesquisa.

## 5. CONCLUSÃO

O uso de Análise Envoltória de Dados, em conjunto com o índice de Malmquist, para avaliar a eficiência de empresas é uma empreitada que une teoria acadêmica com prática gerencial, revelando a utilidade dos modelos matemáticos para a rotina prática de trabalho.

Ambos os modelos usados revelaram-se úteis para avaliar a eficiência na prestação de serviço das empresas concessionárias de rodovias. Dessa forma, podem ser empregados pela agência reguladora ANTT para avaliar o princípio de eficiência da Administração Pública. O objetivo geral desse trabalho foi alcançado, bem como os objetivos específicos, conforme se observa no seguinte quadro:

Quadro 5.1 – Alcance dos objetivos

Objetivo geral	Resultados
Verificar a eficiência das empresas concessionárias de trechos rodoviários federais através da Análise Envoltória de Dados e do índice de Malmquist, para os anos de 2009 a 2013.	Os índices de eficiência foram gerados com base nos dados dos relatórios publicado pela ANTT, com os modelos DEA CCR e BCC. O modelo BCC se adequou melhor aos dados fornecidos, enquanto que o modelo CCR forneceu resultados incoerentes com as realidades das empresas. O índice de Malmquist complementou o que se observou no modelo DEA.
Objetivos específicos	Resultados
Ranquear as empresas concessionárias conforme eficiência	Esse objetivo foi executado a partir dos dados gerados por DEA, com os quais se fez uma média geométrica dos índices de eficiência de todos os anos, com base nos resultados de DEA BCC.
Verificar mudanças ocorridas na medida de eficiência	O índice de Malmquist revelou que, para os anos de 2009 a 2013, do modelo DEA BCC, o índice de eficiência técnica teve resultado heterogêneo para o grupo de DMUs, contudo, o índice de qualidade da tecnologia denotou certo aumento nessa área.
Verificar possibilidades de melhorias para as empresas menos eficientes	A ferramenta DEA forneceu dados sobre a quantidade de insumos que poderia ser reduzida em cada ano, para que as empresas aumentassem sua eficiência técnica. Esses resultados estão completos nos Anexos 4 e 5.
Testar a hipótese de que as empresas concessionárias mais antigas são mais eficientes	O instrumento para verificar essa hipótese foi o <i>ranking</i> . Neste, o comportamento das empresas não foi claramente regular, por isso não se pode concluir com propriedade de que as empresas cuja concessão é mais antiga foram as mais eficientes, apesar de estarem se concentrando no início do <i>ranking</i> . Ademais, foi possível perceber que a maioria das empresas da 2ª etapa do Procofe estão com os menores índices médios de eficiência e estão se concentrando no final do <i>ranking</i> .

Fonte: elaboração autoral

O método de Análise Envoltória de Dados permitiu a composição do *ranking* de eficiência que compara o desempenho entre as empresas concessionárias de rodovias. Ademais, forneceu valores que sugerem a diminuição de insumos para algumas empresas,

com o objetivo de promover a melhoria da eficiência delas. O índice de Malmquist revelou que ocorreram melhorias, piores e manutenções na eficiência técnica das concessionárias, e que houve melhorias na qualidade das tecnologias utilizadas para a prestação dos serviços.

Dentre as menos eficientes do *ranking*, a maioria pertence à segunda etapa do Procofe, o que sugere que as empresas concessionárias mais recentes são menos eficientes. Contudo, não há evidências para se afirmar que as concessionárias mais antigas são mais eficientes, porque estas revelaram comportamentos de eficiência diversos entre si e distribuição dispersa ao longo do *ranking*.

A desconsideração de fatores externos pode ser identificada como uma lacuna desse estudo. A população das cidades por que as rodovias passam, número de confluências com outras vias, esses fatores externos que poderiam influenciar no resultado de eficiência. Todas as ineficiências foram consideradas como derivadas de elementos internos, que estariam sob controle das empresas. Além dessa, a desconsideração da extensão de cada trecho concedido e seu estado físico de conservação podem também ser lacunas. A falta de informação sobre os não-atendimentos pode ter limitado o estudo, já que alguma concessionária pode publicar números altos de execuções e, ao mesmo tempo, também registrar quantidades grandes de não-atendimentos.

Recomenda-se, então, para estudos futuros sobre um tema correlato, incluir as lacunas na análise, bem como verificar as minúcias gerenciais do funcionamento de cada empresa, para que a avaliação explique com mais detalhes os resultados de eficiência obtidos a partir da análise DEA. Conforme os modelos de avaliação de eficiência, aplicados aos serviços públicos, forem sendo aperfeiçoados, melhor será a qualidade da gestão desses serviços e maior será a capacidade de fiscalização dessa gestão.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ABCR. **Relatório Anual ABCR 2013**. Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias. São Paulo, p. 34. 2015.

ANTT. **Rodovias Federais Concedidas: Relatório 2009**. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília. 2010.

ANTT. **Rodovias Federais Concedidas: Relatório 2010**. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília. 2011.

ANTT. **Rodovias Federais Concedidas: Relatório 2011**. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília. 2012.

ANTT. **Rodovias Federais Concedidas: Relatório 2012**. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília. 2013.

ANTT. **Rodovias Federais Concedidas: Relatório 2013**. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília. 2014.

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4978/Historico.html>>. Acesso em: 9 junho 2015.

AZEVEDO, G. H. I.; ROBOREDO, M. C.; AIZEMBERG, L.; SILVEIRA, J. Q.; MELLO, J. C. C. B.. Uso de análise envoltória de dados para mensurar eficiência temporal de rodovias federais concessionadas. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 1, p. 37 - 56, jan 2012.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078 - 1092, 1984.

CAMPOS NETO, C. A. D. S.; SOARES, R. P.; FERREIRA, I. M.; POMPERMAYER, F. M.; ROMMINGER, A. E. **Gargalos e demandas da infraestrutura rodoviária e os investimentos do PAC: Mapeamento Ipea de obras rodoviárias**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. Brasília. 2011. (1592).

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. **Econometrica**, v. 50, n. 6, p. 1393 -1414, Nov 1982.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429 - 444, 1978.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2014**. Confederação Nacional do Trânsito. Brasília, p. 337. 2014.

CNT. **Boletim Estatístico - CNT - Fevereiro 2015**. Confederação Nacional do Trânsito. 2015.

COELLI, T. J.; O'DONNELL, P. R. C.; BATTESE, G. E. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 2ª. ed. New York: Springer, v. 1, 2005. 161 - 181 p.

COOK, W. D; KAZAKOV, A.; ROLL, Y.; SEIFORD, L. M. A Data Envelopment Approach to Measuring Efficiency: Case Analysis of Highway Maintenance Patrols. **The Journal of Socio-Economics**, v. 20, n. 1, p. 83-103, Primavera 1991.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. **Econometrica**, v. 19, n. 3, p. 273 - 292, 1951.

FARIA, F. P.; JANUZZI, P. D. M.; SILVA, S. J. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 1, p. 156-177, jan./fev. 2008.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, p. 253 - 290, 1957.

FERNANDES, D. P. **Eficiência de custos operacionais das companhias de distribuição de energia elétrica no Brasil: uma análise em dois estágios (DEA & TOBIT)**. Universidade de Brasília - UnB. Brasília, p. 32. 2014. Monografia de graduação em Bacharel em Ciências Econômicas.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. 1ª edição. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, v. 1, 2009.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; ZHANG, Z. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. **The American Economic Review**, v. 84, n. 1, p. 66 - 83, Mar 1994.

GAMEIRO, A. H.; CAIXETA-FILHO, J. V. O desaparecimento de cargas e o seguro no transporte rodoviário o brasileiro. **Revista Transportes**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 87 - 106, 1 Novembro 2002. ISSN: 2237-1346.

GIAMBIAGI, F.; VILLELA, A.; HERMANN, J.; CASTRO, L. B. **Economia Brasileira Contemporânea 1945 - 2010**. 2ª edição. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

GOMES, E.; BIONDI NETO, L.; ANGULO MEZA, L. Gestão de auto-estradas: análise de eficiência das auto-estradas federais brasileiras com portagens. **Revista portuguesa e brasileira de gestão**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 68 - 75, 2004. ISSN 1645-4464.

GOMIDE, A. D. Á. **A gênese das agências reguladoras de transportes: o institucionalismo histórico aplicado à reforma regulatória brasileira dos anos de 1990**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro, p. 20. 2012. (1764).

GUASCH, J. L. **Logistics Costs and their Impact and Determinants in Latin America and Caribbean**. The World Bank. Washington, DC. 2002.

HOFFMAN, M. H. Comportamento do condutor e fenômenos psicológicos. **Revista Psicologia: Pesquisa & Trânsito**, Minas Gerais, v. 1, n. 1, p. 17 - 24, Jul./Dez 2005. ISSN 2175-3555 versão on-line.

IPEA. **Infraestrutura econômica no Brasil: diagnósticos e perspectivas para 2025**. 1ª edição. ed. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, v. 1, 2010.

IPEA. **Rodovias brasileiras: Investimentos, concessões e tarifas de pedágio**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, p. 7. 2012. (144).

KIRCHNER, L. H. C. **Avaliação da eficiência de terminais de contêineres através da Análise Envoltória de Dados e do Índice de Malmquist**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 90. 2013. (NI). Dissertação de Mestrado em Regulação e Gestão de Negócios.

KOOPMANS, T. **Activity analysis of production and allocation**. Cowles Commission for Research in Economics. New York: John Wiley & Sons, Limited. 1951. p. 33 - 97.

MELO, M. A. **Instituições e Regulação na América Latina**. IFHC/CIEPLAN. São Paulo e Santiago de Chile. 2008.

MEZA, L. A.; BIONDI, L.; GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. B. S. Curso de Análise Envoltória de Dados. **Pesquisa Operacional**, Gramado, RS, p. 20520 - 2547, 2005.

MOREIRA, J. C. D. S.; CARVALHO, J. L. F. Investigando o roubo de carga nas rodovias brasileiras a partir da percepção dos atores envolvidos com o problema. **Gestão & Regionalidade**, São Caetano do Sul, v. 27, n. 79, jan-abr 2011. ISSN versão online 2176-5308.

PARETO, V. **Manual de Economia Política**. Tradução de João Guilherme Vargas Neto. 5ª edição do livro original. ed. São Paulo: Abril S.A. Cultural, v. 1 - 2, 1984.

POSSAMAI, R. P. **Avaliação de eficiência técnica em concessionárias de rodovias utilizando Análise Envoltória de Dados**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 16. 2006. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

RESENDE, P. T. V.; SOUSA, P. R.; SILVA, J. V. R. **Análise do modelo de concessão rodoviária no Brasil na percepção do usuário**. XIV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais - SIMPOI. São Paulo: SIMPOI. 2011. p. 1 - 16.

ROSANO-PEÑA, C. Eficiência e impacto do contexto na gestão através do DEA: o caso da UEG. **Produção**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 778 - 787, dec. 2012. ISSN versão online 1980-5411.

ROUSE, P.; PUTTERILL, M.; RYAN, D. Towards a General Managerial Framework for Performance Measurement: A Comprehensive Highway Maintenance Application. **Journal of Productivity Analysis**, Boston, v. 8, n. 2, p. 127-149, Maio 1997.

SANDIM, L. C. M. **Infraestrutura rodoviária: concessões brasileiras**. Universidade de Brasília – UnB. Brasília, DF, p. 17. 2014. Monografia de graduação em Bacharel em Ciências Econômicas.

SPNT/MT- SECRETARIA DE POLÍTICA NACIONAL DE TRANSPORTES. **Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNL**. Ministério dos Transportes. Brasília, p. 24. 2012.



## 7. ANEXOS

### Anexo 1 – Dados coletados dos relatórios anuais sobre rodovias federais concedidas publicados pela ANTT

Ano	DMU	DMU	Veículos da empresa concessionária	Funcionários da empresa concessionária	Atendimentos	Volume de veículos na rodovia
2009	Autopista Fernão Dias S/A	DMU 1	88	923	209.977	84.908.578
	Autopista Fluminense S/A	DMU 2	58	338	84.415	26.938.444
	Autopista Litoral Sul S/A	DMU 3	55	557	170.377	18.861.806
	Autopista Planalto Sul S/A	DMU 4	34	404	30.743	22.188.447
	Autopista Régis Bittencourt S/A	DMU 5	43	387	249.751	98.368.954
	Concepa S/A	DMU 6	27	194	36.136	26.744.090
	Concer S/A	DMU 7	50	740	63.620	24.540.227
	CRT S/A	DMU 8	24	222	36.271	13.923.382
	Ecosul S/A	DMU 9	20	288	23.336	14.050.745
	NovaDutra S/A	DMU 10	198	1.101	307.375	131.224.052
	Ponte S/A	DMU 11	46	234	72.480	28.379.521
	Rodovia do Aço S/A	DMU 12	15	184	38.123	10.777.536
Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A	DMU 13	36	181	35.171	21.433.767	
2010	Autopista Fernão Dias S/A	DMU 1	62	1.054	220.296	121.721.903
	Autopista Fluminense S/A	DMU 2	55	255	87.705	42.032.156
	Autopista Litoral Sul S/A	DMU 3	44	809	208.500	3.542.740
	Autopista Planalto Sul S/A	DMU 4	30	1.116	83.042	25.946.951
	Autopista Régis Bittencourt S/A	DMU 5	43	550	262.597	136.157.072
	Concepa S/A	DMU 6	34	586	37.563	29.926.201
	Concer S/A	DMU 7	54	723	59.758	25.265.383
	CRT S/A	DMU 8	33	352	28.990	13.969.226
	Ecosul S/A	DMU 9	24	366	36.069	15.616.973
	NovaDutra S/A	DMU 10	129	1.418	324.407	162.371.897
	Ponte S/A	DMU 11	47	311	71.121	28.838.251
	Rodovia do Aço S/A	DMU 12	26	373	19.419	17.207.023
Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A	DMU 13	35	193	43.765	22.865.098	
2011	Autopista Fernão Dias S/A	DMU 1	64	1.107	253.994	152.774.246
	Autopista Fluminense S/A	DMU 2	56	1.331	90.727	46.025.778
	Autopista Litoral Sul S/A	DMU 3	79	751	224.600	114.733.164
	Autopista Planalto Sul S/A	DMU 4	34	1.461	41.924	27.122.409
	Autopista Régis Bittencourt S/A	DMU 5	45	545	235.408	143.735.722
	Concepa S/A	DMU 6	36	595	38.858	32.426.988
	Concer S/A	DMU 7	41	732	70.819	29.450.407
	CRT S/A	DMU 8	34	342	31.138	14.850.610
	Ecosul S/A	DMU 9	24	318	35.835	17.419.275
	NovaDutra S/A	DMU 10	154	1.445	314.840	177.537.948
	Ponte S/A	DMU 11	47	300	68.114	29.803.607

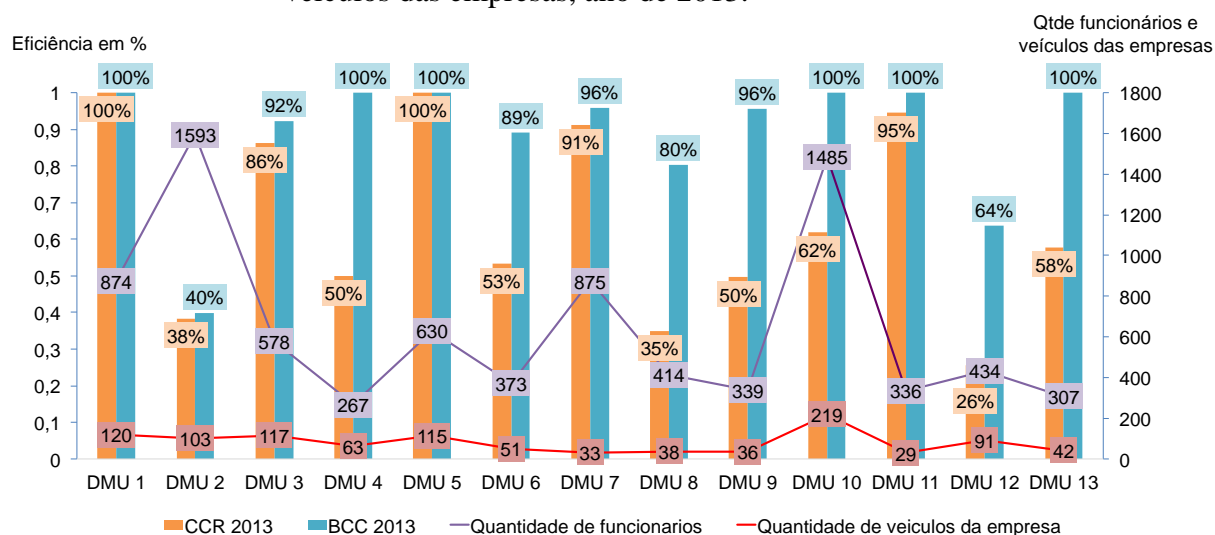
	Rodovia do Aço S/A	DMU 12	25	334	31.320	16.540.412
	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A	DMU 13	35	197	46.042	24.587.572
2012	Autopista Fernão Dias S/A	DMU 1	65	1.205	284.170	160.647.610
	Autopista Fluminense S/A	DMU 2	71	1.765	97.489	48.167.271
	Autopista Litoral Sul S/A	DMU 3	77	580	183.195	122.462.642
	Autopista Planalto Sul S/A	DMU 4	34	1.326	50.141	27.055.450
	Autopista Régis Bittencourt S/A	DMU 5	53	653	213.931	146.005.958
	Concepa S/A	DMU 6	50	427	43.401	35.024.050
	Concer S/A	DMU 7	42	723	74.099	31.242.699
	CRT S/A	DMU 8	34	332	30.599	15.710.812
	Ecosul S/A	DMU 9	24	376	37.690	17.571.608
	NovaDutra S/A	DMU 10	155	1.473	307.775	178.922.255
	Ponte S/A	DMU 11	47	342	67.707	30.411.995
	Rodovia do Aço S/A	DMU 12	61	365	38.145	15.662.189
	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A	DMU 13	36	289	54.034	26.739.315
2013	Autopista Fernão Dias S/A	DMU 1	120	874	282.571	165.186.203
	Autopista Fluminense S/A	DMU 2	103	1.593	92.995	48.367.552
	Autopista Litoral Sul S/A	DMU 3	117	578	169.008	117.739.648
	Autopista Planalto Sul S/A	DMU 4	63	267	45.256	28.360.592
	Autopista Régis Bittencourt S/A	DMU 5	115	630	213.740	150.052.672
	Concepa S/A	DMU 6	51	373	45.440	37.394.786
	Concer S/A	DMU 7	33	875	70.840	32.273.314
	CRT S/A	DMU 8	38	414	31.285	15.920.095
	Ecosul S/A	DMU 9	36	339	42.056	20.843.353
	NovaDutra S/A	DMU 10	219	1.485	290.675	183.898.771
	Ponte S/A	DMU 11	29	336	64.545	30.672.955
	Rodovia do Aço S/A	DMU 12	91	434	37.735	17.206.961
	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A	DMU 13	42	307	57.069	26.548.555

Fonte: Relatório Anual de Rodovias Concedidas (ANTT, 2014)

Anexo 2 – Gráficos modelo DEA CCR e BCC, orientação *inputs*, com representação de produtos e insumos

Os resultados de eficiência para o ano de 2013 obtidos por meio da DEA CCR e BCC estão descritos nos gráficos em formato de coluna. Apenas esse ano foi escolhido devido à atualidade dos valores e também para evitar a análise exaustiva, de ano a ano. Observa-se que os valores de BCC foram maiores do que os de CCR. O resultados de CCR implicam reduções incoerente de recursos por parte das empresas, por isso foram considerados inadequados.

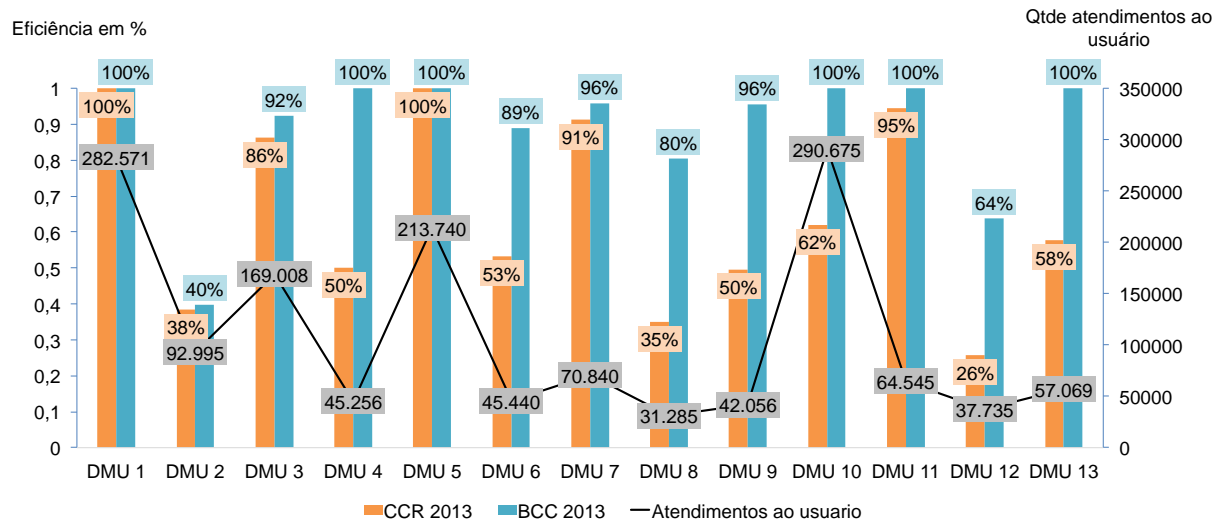
Gráfico 4.2 – Eficiências DEA CCR e BCC e quantidades de funcionários e de veículos das empresas, ano de 2013.



Fonte: dados da pesquisa.

Um exemplo de leitura é: as DMUs 2 e 10 se destacam pela grande quantidade de funcionários contratados, bem como pelas maiores quantidade de veículos que utilizam para prestar os serviços. No entanto, a partir dos gráficos a seguir, verifica-se que a produção entre essas DMUs é discrepante, a DMU 10 faz mais atendimentos e apresenta um fluxo maior de carros por ano do que a DMU 2.

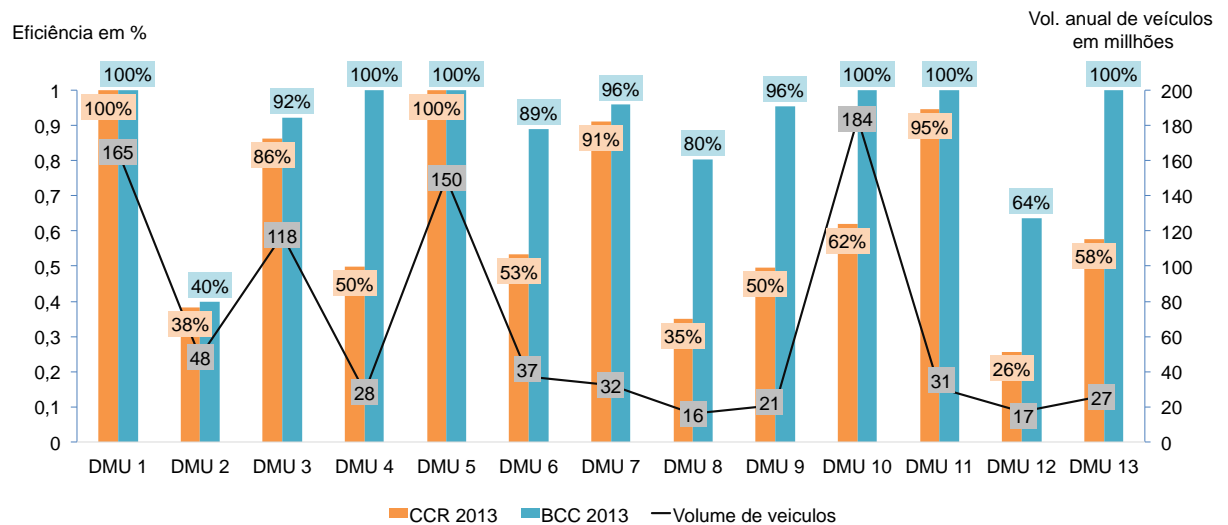
Gráfico 4.3 – Eficiências DEA CCR e BCC e atendimentos ao usuário, ano de 2013.



Fonte: dados da pesquisa.

Pelo gráfico acima, é possível verificar que uma DMU com valores baixos de eficiência nos modelos CCR e BCC apresentarão baixa produção em comparação com DMUs de mesmo porte (em termos de insumo).

Gráfico 4.4 – Eficiências DEA CCR e BCC e volume anual de veículos, ano de 2013



Fonte: dados da pesquisa.

## Anexo 3 – Benchmark modelo DEA BCC, para cada ano

Ano	DMU	Eficiência BCC	Benchmark(Lambda)
2009	Autopista Fernão Dias S/A{2009}	0,439741	Autopista Régis Bittencourt S/A{2009}(0.846328); Rodovia do Aço S/A{2009}(0.153672)
	Autopista Fluminense S/A{2009}	0,67537	Autopista Régis Bittencourt S/A{2009}(0.229490); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2009}(0.770510)
	Autopista Litoral Sul S/A{2009}	0,590877	Autopista Régis Bittencourt S/A{2009}(0.624936); Rodovia do Aço S/A{2009}(0.375064)
	Autopista Planalto Sul S/A{2009}	0,548461	Autopista Régis Bittencourt S/A{2009}(0.130274); Rodovia do Aço S/A{2009}(0.869726)
	Autopista Régis Bittencourt S/A{2009}	1	Autopista Régis Bittencourt S/A{2009}(1.000000)
	Concepa S/A{2009}	1	Concepa S/A{2009}(1.000000)
	Concer S/A{2009}	0,387989	Autopista Régis Bittencourt S/A{2009}(0.157124); Rodovia do Aço S/A{2009}(0.842876)
	CRT S/A{2009}	0,829196	Concepa S/A{2009}(0.066722); Rodovia do Aço S/A{2009}(0.738038); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2009}(0.195240)
	Ecosul S/A{2009}	0,802317	Autopista Régis Bittencourt S/A{2009}(0.037369); Rodovia do Aço S/A{2009}(0.962631)
	NovaDutra S/A{2009}	1	NovaDutra S/A{2009}(1.000000)
	Ponte S/A{2009}	0,926569	Autopista Régis Bittencourt S/A{2009}(0.173870); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2009}(0.826130)
	Rodovia do Aço S/A{2009}	1	Rodovia do Aço S/A{2009}(1.000000)
Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2009}	1	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2009}(1.000000)	
2010	Autopista Fernão Dias S/A{2010}	0,65685	Autopista Régis Bittencourt S/A{2010}(0.880246); Ecosul S/A{2010}(0.119754)
	Autopista Fluminense S/A{2010}	1	Autopista Fluminense S/A{2010}(1.000000)
	Autopista Litoral Sul S/A{2010}	0,874151	Autopista Régis Bittencourt S/A{2010}(0.761191); Ecosul S/A{2010}(0.238809)
	Autopista Planalto Sul S/A{2010}	0,931328	Autopista Régis Bittencourt S/A{2010}(0.207361); Ecosul S/A{2010}(0.792639)
	Autopista Régis Bittencourt S/A{2010}	1	Autopista Régis Bittencourt S/A{2010}(1.000000)
	Concepa S/A{2010}	0,77222	Autopista Régis Bittencourt S/A{2010}(0.118709); Ecosul S/A{2010}(0.881291)
	Concer S/A{2010}	0,503742	Autopista Régis Bittencourt S/A{2010}(0.100587); Ecosul S/A{2010}(0.782057); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2010}(0.117356)
	CRT S/A{2010}	0,853564	Ecosul S/A{2010}(0.621125); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2010}(0.378875)
	Ecosul S/A{2010}	1	Ecosul S/A{2010}(1.000000)
	NovaDutra S/A{2010}	1	NovaDutra S/A{2010}(1.000000)
	Ponte S/A{2010}	0,765439	Autopista Régis Bittencourt S/A{2010}(0.125089); Ecosul S/A{2010}(0.002281); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2010}(0.872630)
	Rodovia do Aço S/A{2010}	0,956624	Autopista Régis Bittencourt S/A{2010}(0.009399);

			Ecosul S/A{2010}(0.927544); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2010}(0.063057)
	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2010}	1	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2010}(1.000000)
2011	Autopista Fernão Dias S/A{2011}	1	Autopista Fernão Dias S/A{2011}(1.000000)
	Autopista Fluminense S/A{2011}	0,531714	Autopista Régis Bittencourt S/A{2011}(0.275047); Ecosul S/A{2011}(0.724953)
	Autopista Litoral Sul S/A{2011}	0,699252	Autopista Régis Bittencourt S/A{2011}(0.942925); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2011}(0.057075)
	Autopista Planalto Sul S/A{2011}	0,753328	Autopista Régis Bittencourt S/A{2011}(0.076816); Ecosul S/A{2011}(0.923184)
	Autopista Régis Bittencourt S/A{2011}	1	Autopista Régis Bittencourt S/A{2011}(1.000000)
	Concepa S/A{2011}	0,735973	Autopista Régis Bittencourt S/A{2011}(0.118810); Ecosul S/A{2011}(0.881190)
	Concer S/A{2011}	0,675151	Autopista Régis Bittencourt S/A{2011}(0.175294); Ecosul S/A{2011}(0.824706)
	CRT S/A{2011}	0,812849	Ecosul S/A{2011}(0.669375); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2011}(0.330625)
	Ecosul S/A{2011}	1	Ecosul S/A{2011}(1.000000)
	NovaDutra S/A{2011}	1	NovaDutra S/A{2011}(1.000000)
	Ponte S/A{2011}	0,791873	Autopista Régis Bittencourt S/A{2011}(0.116557); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2011}(0.883443)
	Rodovia do Aço S/A{2011}	0,96	Ecosul S/A{2011}(1.000000)
	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2011}	1	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2011}(1.000000)
	2012	Autopista Fernão Dias S/A{2012}	1
Autopista Fluminense S/A{2012}		0,476616	Autopista Régis Bittencourt S/A{2012}(0.339302); Ecosul S/A{2012}(0.660698)
Autopista Litoral Sul S/A{2012}		1	Autopista Litoral Sul S/A{2012}(1.000000)
Autopista Planalto Sul S/A{2012}		0,768865	Autopista Régis Bittencourt S/A{2012}(0.073842); Ecosul S/A{2012}(0.926158)
Autopista Régis Bittencourt S/A{2012}		1	Autopista Régis Bittencourt S/A{2012}(1.000000)
Concepa S/A{2012}		0,740259	Autopista Régis Bittencourt S/A{2012}(0.070671); Ecosul S/A{2012}(0.015705); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2012}(0.913624)
Concer S/A{2012}		0,714072	Autopista Régis Bittencourt S/A{2012}(0.206586); Ecosul S/A{2012}(0.793414)
CRT S/A{2012}		0,950735	Ecosul S/A{2012}(0.306252); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2012}(0.693748)
Ecosul S/A{2012}		1	Ecosul S/A{2012}(1.000000)
NovaDutra S/A{2012}		1	NovaDutra S/A{2012}(1.000000)
Ponte S/A{2012}		0,935103	Autopista Litoral Sul S/A{2012}(0.105860); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2012}(0.894140)
Rodovia do Aço S/A{2012}		0,791781	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2012}(1.000000)
Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2012}		1	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2012}(1.000000)

2013	Autopista Fernão Dias S/A{2013}	1	Autopista Fernão Dias S/A{2013}(1.000000)
	Autopista Fluminense S/A{2013}	0,397773	Autopista Fernão Dias S/A{2013}(0.131545); Ponte S/A{2013}(0.868455)
	Autopista Litoral Sul S/A{2013}	0,923226	Autopista Planalto Sul S/A{2013}(0.265497); Autopista Régis Bittencourt S/A{2013}(0.734503)
	Autopista Planalto Sul S/A{2013}	1	Autopista Planalto Sul S/A{2013}(1.000000)
	Autopista Régis Bittencourt S/A{2013}	1	Autopista Régis Bittencourt S/A{2013}(1.000000)
	Concepa S/A{2013}	0,890189	Autopista Planalto Sul S/A{2013}(0.324044); Autopista Régis Bittencourt S/A{2013}(0.062583); Ponte S/A{2013}(0.613373)
	Concer S/A{2013}	0,958407	Autopista Fernão Dias S/A{2013}(0.028873); Ponte S/A{2013}(0.971127)
	CRT S/A{2013}	0,803362	Ponte S/A{2013}(0.882480); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2013}(0.117520)
	Ecosul S/A{2013}	0,955604	Ponte S/A{2013}(0.584480); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2013}(0.415520)
	NovaDutra S/A{2013}	1	NovaDutra S/A{2013}(1.000000)
	Ponte S/A{2013}	1	Ponte S/A{2013}(1.000000)
	Rodovia do Aço S/A{2013}	0,637212	Autopista Planalto Sul S/A{2013}(0.761251); Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2013}(0.238749)
	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2013}	1	Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S/A{2013}(1.000000)

Fonte: dados da pesquisa

## Anexo 4 – Projeções de diminuição nos insumos, DEA BCC

## Alterações na quantidade de funcionários das empresas, DEA BCC

Ano	DMU	Eficiência BCC	Alteração sugerida	Folga	Projeção
2009	DMU 1	0,439741	-517,119401	-50,076079	355,80452
	DMU 2	0,67537	-109,725026	0	228,274974
	DMU 3	0,590877	-227,881725	-18,256224	310,86205
	DMU 4	0,548461	-182,421679	-11,132638	210,445684
	DMU 5	1	0	0	387
	DMU 6	1	0	0	194
	DMU 7	0,387989	-452,887923	-71,215958	215,896119
	DMU 8	0,829196	-37,918496	0	184,081504
	DMU 9	0,802317	-56,932795	-39,481286	191,585919
	DMU 10	1	0	0	1101
	DMU 11	0,926569	-17,182804	0	216,817196
	DMU 12	1	0	0	184
	DMU 13	1	0	0	181
2010	DMU 1	0,65685	-361,680569	-164,354182	527,965249
	DMU 2	1	0	0	255
	DMU 3	0,874151	-101,812232	-201,128685	506,059083
	DMU 4	0,931328	-76,637472	-635,208163	404,154365
	DMU 5	1	0	0	550
	DMU 6	0,77222	-133,479144	-64,678349	387,842507
	DMU 7	0,503742	-358,794491	0	364,205509
	DMU 8	0,853564	-51,54535	0	300,45465
	DMU 9	1	0	0	366
	DMU 10	1	0	0	1418
	DMU 11	0,765439	-72,948519	0	238,051481
	DMU 12	0,956624	-16,179369	0	356,820631
	DMU 13	1	0	0	193
2011	DMU 1	1	0	0	1107
	DMU 2	0,531714	-623,288482	-327,275798	380,43572
	DMU 3	0,699252	-225,861982	0	525,138018
	DMU 4	0,753328	-360,388409	-765,174341	335,43725
	DMU 5	1	0	0	545
	DMU 6	0,735973	-157,096209	-92,933821	344,969971
	DMU 7	0,675151	-237,789677	-136,418528	357,791795
	DMU 8	0,812849	-64,005587	0	277,994413
	DMU 9	1	0	0	318
	DMU 10	1	0	0	1445
	DMU 11	0,791873	-62,438041	0	237,561959
	DMU 12	0,96	-13,36	-2,64	318
	DMU 13	1	0	0	197
2012	DMU 1	1	0	0	1205
	DMU 2	0,476616	-923,771901	-371,241325	469,986774
	DMU 3	1	0	0	580
	DMU 4	0,768865	-306,484762	-623,06102	396,454218
	DMU 5	1	0	0	653



	DMU 6	0,740259	-110,909385	0	316,090615
	DMU 7	0,714072	-206,726243	-83,049314	433,224443
	DMU 8	0,950735	-16,356093	0	315,643907
	DMU 9	1	0	0	376
	DMU 10	1	0	0	1473
	DMU 11	0,935103	-22,194703	0	319,805297
	DMU 12	0,791781	-76	0	289
	DMU 13	1	0	0	289
2013	DMU 1	1	0	0	874
	DMU 2	0,397773	-959,34744	-226,881143	406,771417
	DMU 3	0,923226	-44,375418	0	533,624582
	DMU 4	1	0	0	267
	DMU 5	1	0	0	630
	DMU 6	0,890189	-40,959623	0	332,040377
	DMU 7	0,958407	-36,394273	-487,072213	351,533514
	DMU 8	0,803362	-81,408081	0	332,591919
	DMU 9	0,955604	-15,050083	0	323,949917
	DMU 10	1	0	0	1485
	DMU 11	1	0	0	336
	DMU 12	0,637212	-157,450055	0	276,549945
	DMU 13	1	0	0	307

Fonte: dados da pesquisa

### Alterações na quantidade de veículos utilizados pelas empresas, DEA BCC

Ano	DMU	Eficiência BCC	Alteração sugerida	Folga	Projeção
2009	DMU 1	0,439741	-49,302825	0	38,697175
	DMU 2	0,67537	-18,828555	-1,565014	37,606431
	DMU 3	0,590877	-22,501786	0	32,498214
	DMU 4	0,548461	-15,352319	0	18,647681
	DMU 5	1	0	0	43
	DMU 6	1	0	0	27
	DMU 7	0,387989	-30,600535	0	19,399465
	DMU 8	0,829196	-4,099297	0	19,900703
	DMU 9	0,802317	-3,953666	0	16,046334
	DMU 10	1	0	0	198
	DMU 11	0,926569	-3,377816	-5,405095	37,217089
	DMU 12	1	0	0	15
	DMU 13	1	0	0	36
2010	DMU 1	0,65685	-21,275328	0	40,724672
	DMU 2	1	0	0	55
	DMU 3	0,874151	-5,537377	0	38,462623
	DMU 4	0,931328	-2,060147	0	27,939853
	DMU 5	1	0	0	43
	DMU 6	0,77222	-7,744524	0	26,255476
	DMU 7	0,503742	-26,797929	0	27,202071
	DMU 8	0,853564	-4,832377	0	28,167623
	DMU 9	1	0	0	24
	DMU 10	1	0	0	129

	DMU 11	0,765439	-11,024374	0	35,975626
	DMU 12	0,956624	-1,127784	0	24,872216
	DMU 13	1	0	0	35
2011	DMU 1	1	0	0	64
	DMU 2	0,531714	-26,224008	0	29,775992
	DMU 3	0,699252	-23,759117	-10,81163	44,429253
	DMU 4	0,753328	-8,386862	0	25,613138
	DMU 5	1	0	0	45
	DMU 6	0,735973	-9,504981	0	26,495019
	DMU 7	0,675151	-13,318821	0	27,681179
	DMU 8	0,812849	-6,363128	0	27,636872
	DMU 9	1	0	0	24
	DMU 10	1	0	0	154
	DMU 11	0,791873	-9,78196	-1,052467	36,165574
	DMU 12	0,96	-1	0	24
	DMU 13	1	0	0	35
2012	DMU 1	1	0	0	65
	DMU 2	0,476616	-37,160229	0	33,839771
	DMU 3	1	0	0	77
	DMU 4	0,768865	-7,858584	0	26,141416
	DMU 5	1	0	0	53
	DMU 6	0,740259	-12,987047	0	37,012953
	DMU 7	0,714072	-12,008993	0	29,991007
	DMU 8	0,950735	-1,675022	0	32,324978
	DMU 9	1	0	0	24
	DMU 10	1	0	0	155
	DMU 11	0,935103	-3,050149	-3,609586	40,340265
	DMU 12	0,791781	-12,70137	-12,29863	36
	DMU 13	1	0	0	36
2013	DMU 1	1	0	0	120
	DMU 2	0,397773	-62,02937	0	40,97063
	DMU 3	0,923226	-8,982567	-6,823278	101,194155
	DMU 4	1	0	0	63
	DMU 5	1	0	0	115
	DMU 6	0,890189	-5,600377	0	45,399623
	DMU 7	0,958407	-1,372584	0	31,627416
	DMU 8	0,803362	-7,472239	0	30,527761
	DMU 9	0,955604	-1,598239	0	34,401761
	DMU 10	1	0	0	219
	DMU 11	1	0	0	29
	DMU 12	0,637212	-33,013721	0	57,986279
	DMU 13	1	0	0	42

Fonte: dados da pesquisa

## Anexo 5 – Projeções de diminuição nos insumos, DEA CCR

## Alterações na quantidade de funcionários das empresas, DEA CCR

Ano	DMU	Eficiência CCR	Alteração sugerida	Folga	Projeção
2009	DMU 1	0,421774	-533,703052	-55,25233	334,044618
	DMU 2	0,386996	-207,195299	0	130,804701
	DMU 3	0,533347	-259,925967	-33,067487	264,006547
	DMU 4	0,285272	-288,750312	-27,956607	87,29308
	DMU 5	1	0	0	387
	DMU 6	0,542349	-88,784254	0	105,215746
	DMU 7	0,219071	-577,887464	-63,530588	98,581948
	DMU 8	0,260201	-164,235305	-1,561208	56,203487
	DMU 9	0,3071	-199,555212	-33,166796	55,277993
	DMU 10	0,468899	-584,742522	0	516,257478
	DMU 11	0,479961	-121,689098	0	112,310902
	DMU 12	0,43758	-103,48536	-21,441399	59,073241
	DMU 13	0,465879	-96,675958	0	84,324042
2010	DMU 1	0,620019	-400,499526	-161,810651	491,689823
	DMU 2	0,720372	-71,305023	0	183,694977
	DMU 3	0,775947	-181,258848	-191,045378	436,695773
	DMU 4	0,453268	-610,152701	-331,918808	173,928491
	DMU 5	1	0	0	550
	DMU 6	0,277972	-423,108456	-42,006082	120,885462
	DMU 7	0,18121	-591,985523	-5,853489	125,160988
	DMU 8	0,172496	-291,281485	0	60,718515
	DMU 9	0,246094	-275,929486	-14,525287	75,545227
	DMU 10	0,479167	-738,541171	0	679,458829
	DMU 11	0,478972	-162,039616	0	148,960384
	DMU 12	0,209007	-295,040423	-8,452628	69,506949
	DMU 13	0,478562	-100,637527	0	92,362473
2011	DMU 1	0,758638	-267,187372	-251,783631	588,028996
	DMU 2	0,309699	-918,790615	-202,164633	210,044752
	DMU 3	0,692381	-231,021919	0	519,978081
	DMU 4	0,249745	-	-262,038209	102,839522
	DMU 5	1	0	0	545
	DMU 6	0,282002	-427,208918	-44,838289	122,952793
	DMU 7	0,330185	-490,304641	-77,740204	163,955154
	DMU 8	0,210785	-269,911498	0	72,088502
	DMU 9	0,285422	-227,2358	-7,801535	82,962665
	DMU 10	0,504426	-716,104635	0	728,895365
	DMU 11	0,525642	-142,307271	0	157,692729
	DMU 12	0,239482	-254,012982	-7,477163	72,509855
	DMU 13	0,541082	-90,406809	0	106,593191
2012	DMU 1	1	0	0	1205
	DMU 2	0,314074	-	-140,946881	413,394253
			1210,658866		

	DMU 3	0,964107	-20,818138	0	559,181862
	DMU 4	0,337326	-878,706355	-234,674772	212,618873
	DMU 5	1	0	0	653
	DMU 6	0,366844	-270,35773	0	156,64227
	DMU 7	0,410254	-426,386376	0	296,613624
	DMU 8	0,281325	-238,600039	0	93,399961
	DMU 9	0,372408	-235,97469	0	140,02531
	DMU 10	0,637779	-533,551884	0	939,448116
	DMU 11	0,604292	-135,332098	0	206,667902
	DMU 12	0,318995	-248,566734	0	116,433266
	DMU 13	0,570701	-124,067372	0	164,932628
2013	DMU 1	1	0	0	874
	DMU 2	0,383421	-982,210156	-323,15371	287,636134
	DMU 3	0,861855	-79,847853	0	498,152147
	DMU 4	0,499597	-133,607654	0	133,392346
	DMU 5	1	0	0	630
	DMU 6	0,532658	-174,318613	-0,82562	197,855767
	DMU 7	0,911629	-77,324372	-578,565529	219,1101
	DMU 8	0,349628	-269,254003	-47,980617	96,765379
	DMU 9	0,496111	-170,818269	-38,101348	130,080383
	DMU 10	0,618999	-565,786816	0	919,213184
	DMU 11	0,945188	-18,416784	-117,943727	199,639489
	DMU 12	0,256277	-322,775849	0	111,224151
	DMU 13	0,577038	-129,849246	-0,634742	176,516012

Fonte: dados da pesquisa

### Alterações na quantidade de veículos utilizados pelas empresas, DEA CCR

Ano	DMU	Eficiência CCR	Alteração sugerida	Folga	Projeção
2009	DMU 1	0,421774	-50,883931	0	37,116069
	DMU 2	0,386996	-35,554223	-7,911921	14,533856
	DMU 3	0,533347	-25,665939	0	29,334061
	DMU 4	0,285272	-24,300769	0	9,699231
	DMU 5	1	0	0	43
	DMU 6	0,542349	-12,356572	-2,95279	11,690638
	DMU 7	0,219071	-39,04645	0	10,95355
	DMU 8	0,260201	-17,755168	0	6,244832
	DMU 9	0,3071	-13,858001	0	6,141999
	DMU 10	0,468899	-105,158056	-35,480002	57,361942
	DMU 11	0,479961	-23,921789	-9,599222	12,478989
	DMU 12	0,43758	-8,436307	0	6,563693
	DMU 13	0,465879	-19,228367	-7,402295	9,369338
2010	DMU 1	0,620019	-23,558796	0	38,441204
	DMU 2	0,720372	-15,379515	-25,258878	14,361607
	DMU 3	0,775947	-9,85833	0	34,14167
	DMU 4	0,453268	-16,401954	0	13,598046
	DMU 5	1	0	0	43
	DMU 6	0,277972	-24,548955	0	9,451045

	DMU 7	0,18121	-44,214686	0	9,785314
	DMU 8	0,172496	-27,307639	-0,945277	4,747084
	DMU 9	0,246094	-18,093737	0	5,906263
	DMU 10	0,479167	-67,187455	-8,691218	53,121327
	DMU 11	0,478972	-24,488302	-10,865704	11,645994
	DMU 12	0,209007	-20,56582	0	5,43418
	DMU 13	0,478562	-18,250329	-9,528605	7,221066
2011	DMU 1	0,758638	-15,447147	0	48,552853
	DMU 2	0,309699	-38,656855	0	17,343145
	DMU 3	0,692381	-24,301906	-11,764124	42,93397
	DMU 4	0,249745	-25,508663	0	8,491337
	DMU 5	1	0	0	45
	DMU 6	0,282002	-25,847935	0	10,152065
	DMU 7	0,330185	-27,462418	0	13,537582
	DMU 8	0,210785	-26,833307	-1,214432	5,952262
	DMU 9	0,285422	-17,149872	0	6,850128
	DMU 10	0,504426	-76,318418	-17,497561	60,184021
	DMU 11	0,525642	-22,294806	-11,684694	13,020501
	DMU 12	0,239482	-19,012948	0	5,987052
	DMU 13	0,541082	-16,062123	-10,136604	8,801273
2012	DMU 1	1	0	0	65
	DMU 2	0,314074	-48,700725	0	22,299275
	DMU 3	0,964107	-2,763787	-28,850855	45,385358
	DMU 4	0,337326	-22,530932	0	11,469068
	DMU 5	1	0	0	53
	DMU 6	0,366844	-31,657814	-5,628495	12,713691
	DMU 7	0,410254	-24,769333	0	17,230667
	DMU 8	0,281325	-24,434944	-1,984355	7,580701
	DMU 9	0,372408	-15,062214	0	8,937786
	DMU 10	0,637779	-56,144292	-22,606474	76,249235
	DMU 11	0,604292	-18,598271	-11,627765	16,773965
	DMU 12	0,318995	-41,54129	-10,008537	9,450173
	DMU 13	0,570701	-15,454759	-7,158672	13,386569
2013	DMU 1	1	0	0	120
	DMU 2	0,383421	-63,507625	0	39,492375
	DMU 3	0,861855	-16,162974	-9,904492	90,932535
	DMU 4	0,499597	-31,525402	-7,125202	24,349396
	DMU 5	1	0	0	115
	DMU 6	0,532658	-23,834448	0	27,165552
	DMU 7	0,911629	-2,916233	0	30,083767
	DMU 8	0,349628	-24,714136	0	13,285864
	DMU 9	0,496111	-18,139993	0	17,860007
	DMU 10	0,618999	-83,439268	0	135,560732
	DMU 11	0,945188	-1,589544	0	27,410456
	DMU 12	0,256277	-67,678807	-3,018372	20,302821
	DMU 13	0,577038	-17,764392	0	24,235608

Fonte: dados da pesquisa