

ANÁLISE DAS CONCESSÕES DE RODOVIAS FEDERAIS UTILIZANDO DEA SOB A PERSPECTIVA DO USUÁRIO

Fabio Romero Nolasco Ferreira¹
fabio.romero@globo.com

Julia Ribeiro Xavier²
juliarx@gmail.com

Mariana Gonçalves de Carvalho Wolff³
carvalho.mariana@ymail.com

Marco Antonio Farah Caldas⁴
mcaldas@producao.uff.br

Gesiane Silveira Pereira⁵
gesiane.silveira@gmail.com

Joel Weisz⁶
jweisz@globo.com

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Universidade Federal Fluminense (UFF)
Rua Passo da Pátria, 156, sala 309 Bloco D, São Domingos, Niterói – RJ CEP: 24.210-240

RESUMO

O Programa de Concessão de Rodovias Federais no Brasil tem 15 concessões operando em mais de 5.200 km de rodovias federais. A concessão de rodovias com pagamento de pedágio garante o investimento e a manutenção constante necessária em trechos rodoviários estratégicos para o desenvolvimento do país. A partir dessa premissa, aplicou-se o modelo DEA BCC com orientação a *outputs* para análise da eficiência dessas rodovias sob a perspectiva do usuário da rede de transporte. Como resultado, 6 rodovias foram eficientes e 8 ineficientes. Definiu-se também os *benchmarks* para cada unidade ineficiente e as metas que devem ser alcançadas nos 2 *outputs* do modelo (investimento e número de acidentes) para melhorar o desempenho.

PALAVRAS CHAVE: DEA, Concessões Pedagiadas, Eficiência Rodoviária.

ABSTRACT

The Brazilian highway concessions program operates more than 5.200 km of federal highways. The concession of highways with toll payment guarantees investment for strategic development of the country. From this premise, it was applied the DEA BCC model to analyze the efficiency of these highways from the perspective of its customers. As a result, 6 highways are efficient and 8 inefficient. It is also defined benchmarks for each inefficient unit and the respective targets to be achieved in 2 outputs of the model (number of accidents and investment) to improve performance.

KEYWORDS: DEA, Toll concession, highway efficiency.

1. Introdução

Atualmente a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) é responsável pela administração de 15 concessões com mais do que 5.200 km de rodovias federais concedidas, e nos próximos anos irá administrar aproximadamente 12.000 km (ANTT, s.d.). Ou seja, em todo o país tem-se uma proporção próxima a 50% de concessões estaduais e federais, com mais de 22.000 km de rodovias. Pelo Sistema Nacional de Viação (SNV), o Brasil possui um total de 54.337,3 km de rodovias pavimentadas que estão sob jurisdição federal, retirando concessão, convênios e Ministério Público (Roraima, Pernambuco e parte dos convênios em Minas Gerais) (DNIT, s.d.).

O Programa de Concessão de Rodovias Federais no Brasil abrange rodovias em 8 estados do país: São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Bahia (ANTT, s.d.).

A Confederação Nacional de Transportes (CNT) em sua pesquisa CNT de Rodovias (2012) revela que no Brasil apenas 9,9% da malha rodoviária, entre rodovias federais e estaduais, é classificada com ótimo estado de conservação, segundo os critérios de pavimentação, sinalização e geometria da via. Considerando as rodovias concessionadas, o percentual de rodovias ótimas sobe para 44,7%, enquanto as que estão sob gestão pública esse percentual é de 3,2%.

Analisando as rodovias federais concedidas nota-se que há grandes divergências entre elas, o que motivou este estudo. O artigo visa avaliar a eficiência das rodovias concessionadas brasileiras entre os anos de 2009 a 2011 utilizando o modelo matemático de Análise Envoltória de Dados (do inglês *Data Envelopment Analysis- DEA*) sob a ótica de eficiência demandada pelos usuários do sistema de transporte em relação aos investimentos feitos pelas concessionárias e o número de acidentes fatais e não fatais que acontecem na rodovia. Para isso foram analisadas 14 das 15 concessionárias no país, já que a última, na divisa entre os estados do Espírito Santo e Bahia, foi assinada no dia 19 de abril deste ano. Presentes nos 8 estados do país, seus principais critérios de influência considerados no estudo são: receita de pedágio, tráfego de veículos, investimento na rodovia e número de acidentes.

1.1. Histórico das Concessões no Brasil

A implantação do Programa de Concessões de Rodovias Federais foi feita pelo Ministério dos Transportes em 1995 com início da operação em 1996. A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), criada pela Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001, é atualmente o órgão responsável pela regulação e fiscalização dos 15 contratos de concessão em operação no Brasil, totalizando 5.239,7 km administrados e mantidos pela iniciativa privada (Ministério dos Transportes, s.d.).

A concessão de rodovias pedagiadas garante o investimento e a manutenção constante necessária em trechos rodoviários estratégicos para o desenvolvimento da infraestrutura das rodovias do mais movimentadas do país. São rodovias com fluxo intenso de veículos de passageiros e de carga e, conseqüentemente, com desgaste rápido do pavimento. Além da manutenção, as concessionárias também prestam serviços de atendimento aos usuários, em especial, o atendimento médico de emergência em acidentes e o serviço de guincho para veículos avariados na rodovia, além disso, os usuários podem entrar em contato com a ANTT para fazer reclamações ou sugestões das concessionárias (ANTT, s.d.).

Das 15 concessões de rodovias administradas pela ANTT, 6 pertencem à primeira etapa, sendo 5 contratadas pelo Ministério dos Transportes, entre 1994 e 1997 e 1 pelo Governo do Estado do

Rio Grande do Sul, em 1998, com posterior Convênio de Delegação das Rodovias denunciado e o contrato sub-rogado à União em 2000. Após a criação da ANTT, outras 9 rodovias foram concedidas, sendo 7 concessões referentes à segunda etapa - fase I (2008), 1 concessão referente à segunda etapa - fase II (2009) e 1 concessão referente à terceira etapa – fase II (2013) (ANTT, s.d.). A Tabela 1 apresenta as concessões referentes à primeira etapa de concessões, a Tabela 2 apresenta as concessões referentes à segunda etapa e a Tabela 3 é referente à terceira etapa.

Tabela 1 - 1ª etapa de concessões

Rodovias	Trecho	Extensão (km)
A	Rio de Janeiro – São Paulo	402,0
B	Ponte Rio-Niterói	13,2
C	Rio de Janeiro – Juiz de Fora	179,9
D	Rio de Janeiro – Teresópolis – Além Paraíba	142,5
E	Osório – Porto Alegre	121,0
F	Polo de Pelotas	623,8
TOTAL	06 TRECHOS	1.482,4

Fonte: ANTT, s.d.

Tabela 2 – 2ª etapa de concessões

Rodovias	Trecho	Extensão (km)
G	Curitiba - Divisa SC/RS	412,7
H	Curitiba - Florianópolis	382,3
I	São Paulo - Curitiba	401,6
J	Belo Horizonte - São Paulo	562,1
K	Divisa MG/RJ - Entroncamento com a Via Dutra	200,4
L	Ponte Rio-Niterói - Divisa RJ/ES	320,1
M	Divisa MG/SP - Divisa SP/PR	321,6
TOTAL	07 TRECHOS	2.600,8

Fonte: ANTT, s.d.

Tabela 3 – 3ª etapa de concessões

Rodovias	Trecho	Extensão (km)
N	Divisa BA/MG - Salvador - Acesso à Base Naval de Aratu	680,6
O	Entroncamento BA-698 (acesso a Mucuri) - Divisa ES/RJ	475,9
TOTAL	02 TRECHOS	1.156,5

Fonte: ANTT, s.d.

2. Referencial Teórico

2.1. Data Envelopment Analysis – DEA

O conceito de eficiência é relativo, de acordo com Soares de Mello *et al* (2005), pois compara o que foi produzido (*output* ou saída) com o que poderia ser produzido com os mesmos recursos (*input* ou entrada) disponíveis. Enquanto que os métodos paramétricos supõem uma relação

funcional predefinida entre as entradas e as saídas e utilizam, normalmente, médias para determinar o que poderia ser produzido, o método de Análise Envoltória de Dados (DEA) obtém o máximo que poderia ser produzido através da observação das unidades mais produtivas e não faz nenhuma suposição funcional entre as saídas e entradas. Assim, existem duas formas de uma unidade não eficiente tornar-se eficiente: reduzir as entradas e manter as saídas constantes (modelos DEA orientados a *inputs*) ou manter as entradas constantes e aumentar as saídas do processo (orientados a *outputs*). Existem também algumas formas híbridas para se chegar à eficiência.

A metodologia DEA é baseada em programação matemática e mede a eficiência de um conjunto de unidades que utilizam múltiplas entradas para produzirem múltiplas saídas em um processo. Essas unidades são denominadas de Unidades Tomadoras de Decisão (do inglês *Decision Making Units*– DMU). Dois modelos DEA são clássicos: o CCR, também conhecido por CRS (*Constant Return to Scale*) e o BCC, também denominado VRS (*Variable Return to Scale*). O primeiro foi proposto por Charnes *et al.* (1978) e considera que qualquer variação nas entradas produz uma variação proporcional nas saídas, isto é, retornos constantes de escala. Já o modelo BCC, proposto por Banker *et al.* (1984), permite retornos variáveis de escala considerando o axioma da convexidade e não o da proporcionalidade entre entradas e saídas. (Azevedo *et al.*, 2012).

O modelo utilizado nesse estudo é o BCC e, como o objetivo do estudo é analisar a eficiência das rodovias concessionadas sob a perspectiva dos usuários, o modelo será orientado a *outputs*. Assim, o modelo BCC orientado a *outputs*, ao obrigar a convexidade da fronteira, permite que DMUs que operam com baixos valores de entrada tenham retorno crescentes de escala e as que operam com alto valores tenham retorno decrescentes de escala. A formulação matemática do modelo dos multiplicadores BCC orientado a *outputs* é apresentado na equação:

$$\begin{aligned} \text{Min } Eff_o &= \sum_{i=1}^r v_i x_{io} + v^* \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} &= 1 \\ - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + v^* + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} &\leq 0, \quad \forall k \\ v_i, u_k &\geq 0, \quad \forall j, i \\ v^* &\in \mathfrak{R} \end{aligned}$$

Onde Eff_o é a eficiência da DMU o em análise, x_{ik} representa o *input* i da DMU k , y_{jk} representa o *output* j da DMU k , v_i é o peso atribuído ao *input* i , u_j é o peso atribuído ao *output* j , x_{io} e y_{jo} são *input* i e *output* j da DMU o respectivamente e v^* é o fator de escala.

Outro aspecto importante do modelo DEA é que ele identifica as DMUs referências, também chamadas de *benchmarks*, para as DMUs ineficientes. O DEA otimiza cada observação individual e cria uma fronteira eficiente que é composta pelas DMUs que apresentam as melhores práticas dentre aquelas analisadas. Essas são chamadas de Pareto eficientes. Assim, o modelo fornece, para as unidades ineficientes, um grupo de unidades eficientes com as quais ela pode se

comparar e melhorar a o seu desempenho. Este grupo de referência é chamado de *peer group* (Cooper *et al.*, 2000).

2.2. DEA aplicado a rodovias no mundo

No que se refere à utilização de Análise Envoltória de Dados (DEA) aplicado à rodovias diversos estudos são feitos em todo o mundo, onde em alguns casos faz-se necessária a utilização de modelos mais adaptados às necessidades do estudo.

Egilmez e McAvoy (2013) utiliza o índice Malmquist para analisar a eficiência da segurança nas rodovias americanas comparando os dados entre 50 estados, de 2002 a 2008. A comparação é feita por estados uma vez que cada um tem seu departamento de transporte independente e suas estratégias e planos de ação para reduzir o número de acidentes. Para aplicação do modelo são considerados alguns dos indicadores de desempenho de segurança (*Safety Performance Indicator – SPI*). Há apenas 1 *output*, o número de acidentes fatais; e 5 *inputs*: despesa anual com segurança nas rodovias, total de milhas viajadas, taxa de utilização de cinto de segurança, condição da rodovia, distância total da rodovia. O índice Malmquist, proposto por Sten Malmquist (1953), é utilizado a fim de conseguir obter a tendência de eficiência no período avaliado.

O modelo DEA-BCC é utilizado por Azevedo *et al.* (2012) a fim de avaliar a eficiência temporal de rodovias federais brasileiras concedidas entre os anos de 2005 a 2008. São avaliadas 6 concessionárias, onde cada uma, em cada ano, foi considerada como uma DMU distinta. Dois modelos são considerados, sendo o primeiro relativo ao uso de bens de capital e a gestão de pessoal e o segundo relativo ao uso das receitas e investimentos em segurança.

No primeiro modelo os *inputs* são: total de veículos de atendimento ao usuário e o total de funcionários da rodovia; e os *outputs*: volume de veículos pedagiados no ano e total de atendimentos ao cliente. Neste foi utilizada a orientação a *input*, a fim de avaliar o desempenho das concessionárias referente a sua gestão operacional, ou seja, as *benchmarkings* são as que atendem melhor ao usuário com baixa utilização de veículos e funcionários.

O segundo modelo tem como objetivo avaliar a eficiência dos investimentos em segurança ao longo dos anos. Tem como *inputs*: acidentes/km e receita/km; e *outputs*: investimento acumulado/km e tráfego/km. Esse é orientado a *output*, já que quanto maior o investimento em segurança, mais eficiente deverá ser a rodovia.

Fallah-Finiet *al.* (2012) compara a eficiência de manutenção de duas rodovias no estado de Virginia, EUA, sendo uma mantida pelo DOT Virginia (VDOT), com 180 milhas e a outra mantida por um consórcio público-privado, com 250 milhas. O artigo utiliza a estrutura de meta-fronteira que inicialmente avalia a eficiência de cada DMU em relação ao seu cluster. Essa técnica pode revelar o *gap* que existe em cada *cluster*, identificando possíveis melhorias. A segunda etapa é avaliar a eficiência entre grupos, onde a meta-fronteira é aplicada. Fatores que podem deteriorar a rodovia são divididos em incontrolláveis (condições climáticas) e operacionais (tráfego de veículos) e por isso o estudo foi dividido em 2 etapas onde uma considera apenas *inputs* e *outputs* controláveis e a segunda, apenas os incontrolláveis.

Os fatores utilizados como *input* e *outputs*, são: distância total da rodovia, condições de pavimentação, tráfego, carregamento dos veículos (quantidade de peso transportado), fatores climáticos e despesa anual com manutenção.

A fronteira criada é em relação ao tipo de autoridade que mantém a rodovia.

A fim de saber como se pode aplicar os investimentos de forma mais eficiente a fim de manter o maior número de vias operando em melhores condições, o modelo DEA aplicado é o BCC, orientado a *output*.

A fim de comparar a eficiência no transporte ferroviário e rodoviário na Colômbia, Correa (2012) utiliza como DMUs os tipos de caminhões e vagões. Avalia no modelo CRS e VRS, onde o segundo apresenta muitas DMUs eficientes (100%), o que dificulta a comparação. Além desta análise, considera também apenas os caminhões e apenas os vagões. A conclusão do artigo é que o transporte ferroviário, em média, é mais eficiente que o rodoviário, apresentando um índice de 74,4% contra 20,6%. Assim sendo, a sugestão é de investimento na infraestrutura ferroviária do país para o transporte de mercadorias.

Welde e Odeck (2011) analisa o nível de eficiência das empresas que operam rodovias na Noruega no período de 2003 a 2008. Para isso utiliza dois métodos: DEA e SFA (Análise da Fronteira Estocástica). O estudo conclui que as empresas podem obter ganhos significativos caso apliquem as melhores práticas do setor e, além disso, fornecer melhores serviços aos motoristas.

3. Modelagem DEA BCC para eficiência de rodovias concessionadas

Nesse estudo, cada uma das 14 rodovias federais concedidas é considerada como uma DMU. Considerando que o objetivo da análise da eficiência das rodovias é com foco no usuário do sistema de transporte federal, considera-se que, a partir da receita anual com pedágio, as concessionárias devem fazer investimentos (manutenção, construção de pontes e passarelas, sinalização, dentre outros) e, também, implementar iniciativas para a redução do número de acidentes nas suas concessões. Assim, são utilizadas na modelagem do problema as variáveis “receita anual com pedágios” como variável de entrada do processo e “investimento anual na rodovia” e “taxa de acidentes” como saídas do processo, apresentados na Tabela 4. Como o número de acidentes é um *output* indesejado, ele é considerado como uma entrada. A taxa de acidentes é calculada dividindo-se o número anual de acidentes (fatais e não fatais) pelo volume de tráfego anual para que seja levada em consideração a quantidade de veículos que utilizam a rodovia. O indicador *investimentos* é visualizado nas demonstrações de resultado como fluxo de caixa das atividades de investimento.

Os dados relativos a receitas de pedágio e investimentos são obtidos com base nos dados disponibilizados por cada concessão em suas demonstrações de resultado e o número de acidentes foram extraídos dos relatórios anuais de rodovias concedidas disponibilizados pela ANTT. Foram coletados os dados dos anos 2009, 2010 e 2011 e considerou-se a média aritmética dos 03 anos para os valores das variáveis de entrada e saída do modelo. Para a rodovia N, considerou-se apenas os dados dos anos de 2010 e 2011 devido ao início da concessão.

Tabela 4 - Dados utilizados no modelo DEA

Rodovias (DMU)	Número de acidentes (acidentes/ano)	Volume anual de veículos (mil)	Entradas (<i>inputs</i>)		Saída (<i>output</i>)
			Receita anual (R\$ mil)	Taxa de acidentes (%)	Investimentos (R\$ mil)
H	27.907	292.558	362.341	0,009539	386.850
G	8.300	77.144	225.362	0,010759	253.310
I	19.740	381.912	601.782	0,005169	632.585
E	4.530	90.061	448.994	0,005030	113.658
C	11.127	80.256	577.564	0,013864	92.988
D	13.515	42.743	350.681	0,031619	100.371

F	2.737	47.087	343.857	0,005813	78.036
J	28.066	361.374	429.800	0,007766	585.069
L	12.085	117.351	310.553	0,010298	247.912
A	32.807	471.134	2.675.350	0,006963	586.593
B	3.126	87.021	366.165	0,003592	34.813
K	3.014	44.525	155.042	0,006769	147.747
M	3.013	68.886	193.749	0,004374	85.204
N	5.640	91.445	177.341	0,006168	342.863

Fonte: ANTT, 2009; ANTT, 2010; ANTT, 2012

O modelo proposto visa analisar as rodovias federais concessionadas com foco no usuário que deseja investimentos, por pagar pedágio para utilização da via, na sua conservação, em itens como sinalização, equipes de socorro e segurança. Para a avaliação da eficiência utilizou-se a ferramenta DEAOs (*Data Envelopment Analysis Online Software*).

4. Resultados do modelo

O modelo DEA BCC orientado a *outputs* é aplicado aos dados da Tabela 4. As rodovias federais concessionadas eficientes e as não eficientes obtidas através do modelo proposto são mostradas na Tabela 5. Na tabela também é informado em qual etapa/fase a rodovia foi concessionada pelo Programa de Concessões de Rodovias Federais do governo brasileiro.

Tabela 5 - Eficiência das rodovias e etapa/fase de concessão

DMU (rodovia)	Eficiência	Etapa/Fase de concessão
H	0,743	2ª etapa / fase I
G	0,651	2ª etapa / fase I
I	1,000	2ª etapa / fase I
E	0,251	1ª etapa
C	0,149	1ª etapa
D	0,197	1ª etapa
F	0,170	1ª etapa
J	1,000	2ª etapa / fase I
L	0,527	2ª etapa / fase I
A	0,927	1ª etapa
B	1,000	1ª etapa
K	1,000	2ª etapa / fase I
M	1,000	2ª etapa / fase I
N	1,000	2ª etapa / fase II

Das 14 rodovias analisadas, 4 são eficientes (J, B, K e M), 2 estão na fronteira não Pareto eficiente ou fronteira fracamente eficiente (I e N) e 8 são ineficientes (H, G, E, C, D, F, L e A). Com relação à etapa e fase da concessão, todas as rodovias ineficientes, com exceção da B, pertencem a 1ª etapa. As demais são da 2ª etapa fase I ou II.

Os *benchmarks* identificados para as rodovias ineficientes (*peer group*) são mostrados na Tabela 6. Nota-se que as rodovias federais mais citadas como *benchmark* são a J e N, com uma frequência de 7 citações. Já a rodovia I é *benchmark* 5 vezes; a M, 2 vezes e a B e K, 1 vez cada. Assim, a rodovia J e N, ambas concessionadas na 2ª fase do Programa de Concessões, são as rodovias de referência para a maioria das rodovias ineficientes. O sucesso seria porque a rodovia N começou sua concessão em 2009 e começou a cobrar pedágio no final de 2010, o que implica em alto

investimento, pois nos primeiros anos da concessão, segundo o Plano de Exploração da Rodovia, a concessionária deve fazer um grande número obras de melhoramento da rodovia.

Tabela 6 - Benchmarks das rodovias federais ineficientes

Rodovias ineficientes	PeerGroup
H	J
	N
G	J
	N
E	I
	M
	N
C	I
	J
D	J
	N
F	I
	J
	N
L	J
	N
A	I

Com base no *peer group* pode-se estabelecer quais devem ser as melhorias nas variáveis de saída de cada rodovia ineficiente para que ela possa ser eficiente. Esses dados são mostrados na Tabela 7 para o *output* investimento e na Tabela 8 para o *output* taxa de acidentes.

Tabela 7 - Melhorias no investimento das rodovias ineficientes

Rodovia ineficiente	Investimentos		
	Atual (R\$ mil)	Desejado (R\$ mil)	% de aumento
H	386.850	520.350	34,5
G	253.310	388.934	53,5
E	113.658	451.947	297,6
C	92.988	625.894	573,1
D	100.371	509.163	407,3
F	78.036	457.701	486,5
L	247.912	470.665	89,9
A	586.593	632.585	7,8

Para algumas rodovias, como a C, D e F, o aumento no investimento deve ser 400% maior do que é investido atualmente para que essas rodovias se tornem eficientes em comparação com as rodovias eficientes atuais. Esse resultado pode estar ligado ao fato destas concessionárias pertencerem à primeira etapa de concessões, todas são anteriores a 1998. De acordo com o Plano de Exploração da Rodovia, os altos investimentos acontecem nos primeiros anos de concessão, sendo que o prazo da concessão é de 25 anos.

Tabela 8 - Melhorias no índice de acidentes das rodovias ineficientes

Rodovia ineficiente	Acidentes				
	Taxa de acidente atual	Taxa de acidente	% de redução	Número de acidentes atual	Número de acidentes

	(acidentes/ veículos/ano)	desejada (acidentes/ veículos/ano)		(acidentes/ano)	desejado (acidentes/ano)
H	0,009539	0,007339	23,1	27.907	21.471
G	0,010759	0,006472	39,8	8.300	4.993
E	0,005030	0,005030	-	4.530	4.530
C	0,013864	0,005535	60,1	11.127	4.442
D	0,031619	0,007265	77,0	13.515	3.105
F	0,005813	0,005813	-	2.737	2.737
L	0,010298	0,007011	31,9	12.085	8.227
A	0,006963	0,005169	25,8	32.807	24.353

Observa-se que as rodovias C e D têm que reduzir o número de acidentes em mais de 50% para serem eficientes em relação às rodovias com maior desempenho. A explicação para que a C seja ineficiente de acordo com o modelo, está ligada a uma alta taxa de acidentes que, de acordo com a própria concessionária, será solucionada a partir da nova subida da serra. O empreendimento, entre o km 102, em Duque de Caxias, e km 82, em Petrópolis, visa construir uma pista com traçado moderno e curvas menos sinuosas em substituição à atual subida, aberta há quase um século, esse projeto já foi aprovado pela ANTT e IBAMA e além de todos os benefícios ecológicos, visa promover maior segurança aos usuários da rodovia (CONCER, 2013). Em relação à rodovia D, em 2010, teve início uma obra vista como uma das mais importantes do trecho desde sua construção: a terceira faixa de rolamento em 12 dos 14 quilômetros da serra, que irá conferir maior agilidade e segurança ao tráfego de veículos na região (CRT, s.d.).

5. Conclusão

O objetivo do artigo é analisar a eficiência das rodovias federais concessionadas pelo governo brasileiro através do Programa de Concessão de Rodovias Federais. Pode-se avaliar a eficiência de uma unidade produtiva a partir de diversas perspectivas. A perspectiva adotada neste trabalho tem foco no usuário do sistema de transporte rodoviário. Para utilizar as rodovias, paga-se um pedágio, que gera uma receita anual para as concessionárias. Parte dessa receita deve ser reinvestida na manutenção e melhorias da via e com isso o número de acidentes deve diminuir. Segundo a ANTT (2013), a concessão de rodovias com pagamento de pedágio garante o investimento e a manutenção constante necessária em trechos rodoviários estratégicos para o desenvolvimento da infraestrutura do país. A partir dessa premissa, o modelo DEA BCC com orientação a *outputs* foi utilizado e o resultado analisado.

Das 14 rodovias federais concessionadas, 6 foram consideradas eficientes e 8 ineficientes. Todas as ineficientes foram concedidas na 1ª fase do Programa e apenas 1 da 1ª fase foi considerada eficiente.

Duas rodovias federais eficientes foram consideradas *benchmarks* e fizeram parte do *peer group* com bastante frequência. E para aquelas que são ineficientes, foram estabelecidas metas de desempenho nas variáveis de saída “investimento” e “taxa de acidentes” para que possam ter seu desempenho melhorado em comparação com as outras. Na variável “investimento”, algumas rodovias devem aumentar o montante investido em mais de 400% e reduzir 60%, em média, o número de acidentes anuais.

Para trabalhos futuros recomenda-se a aplicação utilizando-se comparações entre rodovias federais e estaduais, ou mesmo internacionais que possuam sistema de concessão rodoviária semelhante à brasileira. Ainda mais interessante, seria fazer a comparação das rodovias em

relação ao ano de concessão, ou seja, os primeiros anos de cada concessão de acordo com Plano de Exploração da Rodovia, para isso seria necessária a análise do valor dinheiro no tempo.

Referências

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (2009), Relatório Anual de Rodovias Federais Concedidas. Disponível em: http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4983/Relatorios_Anuais_Rodovias_Federais_Concedidas.html. Acessado em 14 de abril de 2013.

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (2010), Relatório Anual de Rodovias Federais Concedidas. Disponível em: http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4983/Relatorios_Anuais_Rodovias_Federais_Concedidas.html. Acessado em 20 de abril de 2013.

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (2011), Relatório Anual de Rodovias Federais Concedidas. Disponível em: http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4983/Relatorios_Anuais_Rodovias_Federais_Concedidas.html. Acessado em 24 de abril de 2013.

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT [s.d.]. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/>. Acessado em 10 de abril de 2013.

Azevedo, G. H. I., Roboredo, M. C., Aizemberg, L., Silveira, J. Q. e Mello, J. C. C. B. P. (2012), *Uso de análise envoltória de dados para mensurar eficiência temporal de rodovias federais concessionadas*, Journal of Transport Literature, 6 (1), 37-56.

Banker, R. D., Charnes, A. e Cooper, W.W. (1984), Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). *Measuring the efficiency of decision making units*. European Journal of Operational Research, 2, 429-444.

Companhia de Concessão Rodoviária Juiz de Fora-Rio – CONCERT [s.d.]. Disponível em: <http://www.concert.com.br/>. Acessado em 19 de março de 2013.

Concessionária Rio-Teresópolis – CRT. Disponível em: <http://www.crt.com.br/>. Acessado dia 01 de maio de 2013.

Confederação Nacional do Transporte – CNT (2012), *Pesquisa CNT de rodovias 2012: relatório gerencial*, Brasília : CNT : SEST : SENAT.

Cooper, W.W., Seiford, L.M. e Tone, K. (2000), *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*, Kluwer Academic, Boston.

Correa, C. A. V., (2012), *Economic evaluation of current conditions of competition and efficiency of automotive and rail systems in Colombia*, Energy Policy, 46, 78-87.

Data Envelopment Analysis Online Software – DEAOS. Disponível em: <https://www.deaos.com>. Acessado dia 10 de fevereiro de 2013.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT [s.d.]. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/>. Acessado dia 15 de abril de 2013.

Egilmez, G. e McAvoy, D. (2013), *Benchmarking road safety of U.S. states: A DEA-based Malmquist productivity index approach*, Accident Analysis and Prevention, 53, 55-64.

Empresa Concessionária de Rodovias do Sul S.A – ECOSUL. Disponível em <http://www.ecosul.com.br/>. Acessado em 10 de abril de 2013.

Fallah-Fini, S., Triantis, K., Garza, J. M. e Seaver, W. L., (2012), *Measuring the efficiency of highway maintenance contracting strategies: A bootstrapped non-parametric meta-frontier approach*, European Journal of Operational Research, 219, 134-145.

Ministério dos Transportes [s.d.]. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/>. Acessado em 12 de abril de 2013.

Soares de Mello, J. C. C. B., Ângulo-Meza, L., Gomes, E. G. e Biondi Neto, L. (2005). *Curso de Análise Envoltória de Dados*. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37, Gramado. Anais... São Paulo: SOBRAPO, CD-ROM.

Welde, M. e Odeck, J., (2011), *The efficiency of Norwegian road toll companies*, Utilities Policy, 19, 162-171.