

Uso de análise envoltória de dados para mensurar eficiência temporal de rodovias federais concessionadas

[Data envelopment analysis to evaluate temporal efficiency of Brazilian federal highways that take part on the highways grant program]

Guilherme Henrique Ismael de Azevedo , Marcos Costa Roboredo, Luiz Aizemberg , Juliana Quintanilha da Silveira, João Carlos Correia Baptista Soares de Mello*

Universidade Federal Fluminense (UFF), Brazil, Universidade Federal Fluminense (UFF), Brazil, Universidade Federal Fluminense

Submitted 12 Oct 2011; received in revised form 27 Nov 2011; accepted 26 Jan 2012

Resumo

O presente trabalho faz uso de Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência temporal de rodovias federais que fazem parte do Programa de Concessão de Rodovias com base nos relatórios anuais publicados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) nos anos 2005 até 2008. Dois modelos DEA são considerados: o primeiro visa medir a eficiência da concessionária que administra a rodovia com relação ao uso de bens de capital e a gestão de pessoal na operacionalização da rodovia enquanto o segundo avalia a eficiência da rodovia com relação ao uso das receitas e investimentos em segurança. É proposto ainda um índice de eficiência global que é produto dos índices de eficiência dos dois modelos utilizados.

Palavras-Chave: análise envoltória de dados; eficiência temporal; rodovias federais concessionadas.

Abstract

The present study uses Data Envelopment Analysis (DEA) to evaluate the temporal efficiency of Brazilian federal highways that take part on the Highways Grant Program. The study is based on the annual reports published by Brazilian National Land Transport from 2005 to 2008. We apply two DEA models: the first one aims to evaluate the concessionaire of the highway efficiency regarding the use of capital goods and human resources while the second one measures the efficiency regarding the use of incomes and investments for the highway security. We also propose a efficiency global index which is the product of efficiency indices of the two models applied.

Key words: data envelopment analysis; temporal efficiency; federal highways concession.

* Corresponding Author. Email: jcsmello@pq.cnpq.br.

Recommended Citation

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

■ *JTL|RELIT is a fully electronic, peer-reviewed, open access, international journal focused on emerging transport markets and published by BPTS - Brazilian Transport Planning Society. Website www.transport-literature.org. ISSN 2238-1031.*

This paper is downloadable at www.transport-literature.org/open-access.

1. Introdução

O transporte é um setor essencial para um país e a sua população. Segundo Possamai (2006), a eficiência do sistema de transporte é um dos indicadores do grau de desenvolvimento, da qualidade de vida e do bem estar da população.

Segundo dados do Ministério do Transporte (2008), o modo rodoviário corresponde à 60% (sessenta por cento) do fluxo total de bens e serviços transportados no país. Apesar da elevada importância deste modo, os investimentos governamentais para ampliação e manutenção de rodovias vêm reduzindo drasticamente nas últimas décadas, principalmente após a extinção do Fundo Rodoviário Nacional (FRN), em 1988 (Harral e Faiz, 1988; Schliessler e Bull, 1994).

A concessão de rodovias com pagamento de pedágio foi a alternativa encontrada para alavancar recursos e fazer os investimentos necessários para a melhoria do sistema rodoviário no país. Além da manutenção, as concessionárias também devem prestar serviços de atendimento ao usuário e emergenciais, como médicos em acidentes e guinchos para veículos avariados.

Destaque-se que grande parte dos estudos que envolvem concessões rodoviárias leva em conta apenas aspectos financeiros, especialmente no que tange a tarifa de pedágio. Chen e Subprasom (2007) desenvolvem um modelo de precificação para rodovias com demanda incerta, a fim de analisar os trade-offs que surgem a partir das diferentes visões dos envolvidos (governo, concessionária e usuários). Rocha e Garcia (2011) demonstram que a tarifa de serviços públicos concedidos pode ser obtida endogenamente a partir do método de regulação pela taxa de retorno. Veloso e Carvalho (2004) apresentam um modelo de Programação Linear Inteira Mista para otimização de um projeto de concessão rodoviária sob a perspectiva do usuário. Eles analisam os principais fatores que influenciam a concessão e preparam o modelo baseado no fluxo de caixa da empresa.

Rocha e Vanalle (2003) apresentam um modelo mais abrangente para o processo de decisão de seleção das rodovias a serem pedagiadas que leva em conta conceitos além do project finance. Dalbem et al. (2010) fazem recomendações para a melhoria das metodologias de

análise de projetos especialmente no que concerne à avaliação dos benefícios de segurança, economias de tempo e desenvolvimento social oriundos de projetos de infraestrutura de transporte.

Cybis et al. (2006) constroem um modelo de avaliação de concessões rodoviárias a partir da opinião de usuários a respeito das condições físicas da estrada e dos serviços prestados. O estudo é aplicado às concessionárias brasileiras.

Duarte (2008) analisa o lote de concessões adquiridas pela empresa Obrascon Huarte Lain Brasil S.A. (OHL Brasil), cuja oferta para o valor das tarifas foi bem abaixo do teto propostas pela ANTT. No estudo é avaliada a sensibilidade do retorno do projeto mediante alterações das projeções e é apresentada uma discussão sobre a relação risco-retorno do projeto.

No que se refere à utilização de Análise Envoltória de dados (DEA) para avaliação de rodovias, Gomes et al. (2004) utilizam DEA em um estudo comparativo de 5 (cinco) rodovias privatizadas. Foram usados 2 (dois) modelos, onde o primeiro mede os investimentos para redução de acidentes, utilizando as variáveis acidentes/Km (input), investimento/Km (output) e tráfego/Km (output). O segundo modelo mostra o uso que é dado à receita da concessionária e utiliza as variáveis acidentes/Km (input), receita-dia/Km (input) e investimento/Km (output). Utilizam ainda 2 (duas) formas de se chegar a um índice único. A primeira constrói um modelo DEA no qual o input é unitário e os outputs são os índices de eficiência. A segunda considera como índice de eficiência o produto dos dois índices anteriores.

Possamai (2006) utiliza DEA para avaliar a eficiência no setor de Concessões de Rodovias do Estado do Rio Grande do Sul. Foram construídos quatro modelos orientados para a redução nos insumos para analisar o desempenho das concessionárias por um período de quatro anos, bem como a avaliação de eficiência de escala e a correlação de resultados financeiros com indicadores qualitativos.

Possamai et al.(2007) utilizam DEA para avaliar o desempenho de empresas de Transporte Rodoviário Interestadual e Internacional de Passageiros em Porto Alegre. Para tanto, utilizam o número de veículos na frota, de passageiros transportados e de viagens realizadas como inputs e a nota dos relatórios de pesquisa do sistema de monitoramento como output.

Silveira et. al (2010) avaliam através de DEA a eficiência de rodovias concessionadas pela ANTT no ano de 2008. Para tal objetivo, além de usarem o modelo DEA BCC clássico, os autores aplicam também o método da fronteira invertida para uma maior discriminação entre as DMUS.

Clímaco et al. (2010) também avaliam a eficiência algumas rodovias concessionadas pela ANTT com DEA. O modelo utilizado é uma combinação dos dois modelos propostos em Gomes et al. (2004). Além disso, os autores usam o modelo multiobjetivo de Li and Reeves (1999) já que muitos empates ocorreram devido ao pequeno número de DMUS.

O presente trabalho pretende avaliar a eficiência temporal de concessionárias de rodovias federais reguladas pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) nos anos 2005 até 2008. É feito uso de dois modelos DEA para atingir o objetivo proposto, onde o primeiro visa medir a eficiência da concessionária que administra a rodovia com relação ao uso de bens de capital e à gestão de pessoal na operacionalização da rodovia enquanto o segundo avalia a eficiência da rodovia com relação ao uso das receitas e investimentos em segurança. É proposto ainda um índice de eficiência global que é produto dos índices de eficiência dos dois modelos utilizados.

O estudo está organizado da seguinte forma: na seção 2 há uma revisão do modelo DEA clássico. A seção 3 descreve o Programa de Concessões de Rodovias no Brasil. Na seção 4 são apresentadas a caracterização e a modelagem do problema. A seção 5 apresenta os resultados da aplicação dos dois modelos DEA. Finalmente, na seção 6, são descritas as conclusões do trabalho.

2. Análise envoltória de dados

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) é uma metodologia com base em programação matemática, que tem como objetivo medir a eficiência de um conjunto de unidades produtivas, denominadas de DMUs (*Decision Making Units* - Unidades Tomadoras de Decisão), que consomem múltiplos *inputs* (insumos, recursos) para produzir múltiplos *outputs* (produtos).

Os problemas de programação linear otimizam cada observação individual com o objetivo de estimar uma fronteira de eficiência composta pelas DMUs que são Pareto-eficientes. Esta abordagem se mostra adequada à avaliação de quaisquer unidades, sem que haja necessidade de conhecer a função de produção empregada.

Existem dois modelos clássicos em DEA: CCR (também conhecido por CRS ou *Constant Return to Scale*) proposto por Charnes et al. (1978) e BCC (também conhecido por VRS ou *Variable Return to Scale*) proposto por Banker et al. (1984). No modelo CCR qualquer variação nos *inputs* produz variação proporcional nos *outputs*, considerando-se retornos constantes de escala. Já o modelo BCC não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, permitindo retornos variáveis de escala.

Para o cálculo da eficiência é possível utilizar a orientação a *inputs* que objetiva produzir a mesma quantidade de produtos minimizando a utilização dos recursos. Por outro lado, a orientação a *outputs* visa maximizar a produção mantendo constante a quantidade de recursos consumidos.

O modelo BCC, a ser empregado neste estudo, admite que a produtividade máxima varie em função da escala de produção. Um aumento equiproporcional de *inputs* pode gerar um aumento de *outputs* proporcionalmente menor, nesse caso a DMU estaria em uma região de retornos decrescentes de escala. Caso o aumento dos *outputs* seja proporcionalmente maior ao aumento dos *inputs*, diz-se que a unidade avaliada está em região de retornos crescentes de escala. O modelo dos multiplicadores do BCC é apresentado na equação (1):

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Eff_o &= \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} + u_* \\
 \text{Sujeito a} & \\
 \sum_{i=1}^m v_i x_{io} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} + u_* &\leq 0, \quad j=1, \dots, n \\
 u_j, v_i &\geq 0, \quad \forall j, i \\
 u_* &\in \mathcal{R}
 \end{aligned} \tag{1}$$

em que v_i e u_r são os multiplicadores de inputs i , $i = 1, \dots, m$, e outputs r , $r = 1, \dots, s$, respectivamente; x_{ij} e y_{rj} são os inputs i e outputs r da DMU j , $j = 1, \dots, n$; u^* é a variável de escala.

Os modelos DEA são capazes de identificar as unidades de referência (alvos) para as organizações que foram ineficientes no modelo. Isto é, fornece um conjunto de unidades com modelos de desempenho, com o qual a organização pode se comparar, com o objetivo de melhorar a sua performance.

Em DEA, cada DMU escolhe seu próprio conjunto de multiplicadores, de modo que a eficiência seja a melhor possível em relação às demais. Por isso, é possível que um grande número de DMUs se localize na fronteira eficiente, revelando a estrutura benevolente do método e reduzindo sua capacidade discriminatória. Segundo Leta et al. (2005), por determinação empírica, o empate das unidades produtivas acontece principalmente quando o número de DMUs não é muito grande em comparação com o número total de inputs e outputs. Ao longo dos anos, têm-se desenvolvido diferentes modelos com o objetivo de melhorar a discriminação em DEA. (Angulo-Meza e Lins, 2002)

3. Programa de concessões de rodovias

O Programa de Concessões de Rodovias Federais se iniciou em 1995, com a licitação de 5 (cinco) trechos, que totalizavam 858,6 km, previamente pedagiados pelo Ministério dos Transportes. Em 1997 e 1998, foram incluídas rodovias que estavam em obras de duplicação e excluídos trechos atendidos pelos programas de restauração e ampliação de capacidade. (ANTT, 2010)

Em 1996, foi promulgada a Lei das Delegações que permitiu que Estados e Municípios solicitassem a delegação de trechos de rodovias federais para inclusão em seus Programas de Concessão. Segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), neste processo foram transferidos para o estado do Rio Grande do Sul 983,5 km de rodovias federais que foram integradas a 674,3 km de rodovias estaduais. Já no estado do Paraná foram transferidos 1.769,8 km de rodovias federais, que integradas a 581,3 km de rodovias estaduais, estão sob concessão. Devido às dificuldades para implementação dos programas estaduais, em 2000, o

Ministério do Trabalho adotou medidas para unificar a política de concessões de rodovias. (ANTT, 2010)

Em 2007, foram leiloados os 7 (sete) lotes de rodovias que compõem a Segunda Etapa – Fase I totalizando 2.600,80 km de rodovias. As empresas vencedoras dos leilões apresentaram a menor tarifa de pedágio a partir da tarifa-teto estipulada no edital. (ANTT, 2010)

Em 2009, foram leiloados mais 4 (quatro) trechos que compõem a Segunda Etapa – Fase II de concessões. Todos os trechos estão em um único lote que abrange 680,6 km de rodovias. Foram usadas as mesmas regras da licitação anterior. (ANTT, 2010)

Atualmente, existem 14 (quatorze) concessões administradas pela ANTT totalizando 4.763,8 Km, das quais 7 (sete) referem-se à Segunda Etapa – Fase I e 1 (uma) referente à Segunda Etapa – Fase II. (ANTT, 2010)

Com as concessões, as atividades do Estado na área de transporte foram descentralizadas, transferindo à iniciativa privada a responsabilidade pela prestação de determinados serviços que, apesar de serem essenciais à sociedade, não precisariam necessariamente ser oferecidos pelo poder público.

Ao adquirir o direito de explorar determinado trecho rodoviário, as concessionárias têm até 6 (seis) meses para eliminar os problemas emergenciais e dotar a rodovia de requisitos mínimos de segurança e conforto aos usuários. Ao final deste período, inicia-se a etapas de recuperação da rodovia, junto com a cobrança de pedágio e a manutenção dos trechos concedidos. Durante todo o período da concessão, a empresa responsável também deverá prestar os serviços de manutenção, melhoramentos e operação da rodovia. (ANTT, 2010)

Para acompanhar os investimentos e a operação das concessionárias, a ANTT divulga anualmente o Relatório Anual de Concessões de Rodovias com dados financeiros e operacionais a respeito das rodovias em concessão. Neste artigo, foram utilizados os Relatórios referentes aos anos de 2005 à 2008, por serem os mais recentes na ocasião, que podem ser obtidos em <http://www.antt.gov.br/>.

As concessionárias Autopista Planalto Sul, Autopista Litoral Sul, Autopista Régis Bittencourt, Autopista Fernão Dias, Autopista Fluminense, Transbrasiliana, Rodovia do Aço e Via Bahia

não foram incluídas no estudo, pois não apresentaram dados no relatório. Assim, foram analisadas apenas as concessionárias que fizeram parte da primeira etapa do programa de concessões, destacadas na tabela 1:

Tabela 1: Informações das Concessionárias Avaliadas

Concessionária	Rodovia	Trecho	Extensão (Km)
NOVA DUTRA	BR-116/RJ-SP	Rio de Janeiro - São Paulo	402,0
PONTE	BR-101/RJ	Ponte Rio-Niterói	13,2
CONCER	BR-040/MG-RJ	Rio de Janeiro - Juiz de Fora	179,9
CRT	BR-116/RJ	Rio de Janeiro- Teresópolis - Além Paraíba	142,5
CONCEPA	BR-290/RS	Osório -Porto Alegre	121,0
ECOSUL	BR-116/293/392/RS	Pólo de Pelotas	623,8

NOVA DUTRA – A Rodovia Presidente Dutra liga as duas regiões metropolitanas mais importantes do País: Rio de Janeiro e São Paulo. Atravessa uma região altamente desenvolvida, que responde por 50% do PIB brasileiro. (NOVA DUTRA, 2010)

PONTE S.A. – A Ponte Rio-Niterói, é uma das maiores pontes do mundo, com seus 13 quilômetros de extensão e até 72 metros de altura no trecho do vão central. É a principal ligação da capital com Niterói e o interior do Estado do Rio de Janeiro, sobretudo o pólo turístico da Região dos Lagos, também conhecida como a Costa do Sol. A Ponte Rio-Niterói foi escolhida para iniciar o Programa Nacional de Concessões de Rodovias. (PONTE, 2010)

CONCER – A Concer iniciou suas atividades em 1º de março de 1996, outorgada pelo Programa Federal de Concessões Rodoviárias. A Concer é composta por quatro empresas acionistas: Triunfo Participações e Investimentos S.A., Construcap CCPS Engenharia e Comércio S.A., Construtora Metropolitana S.A. e C.C.I. Concessões S.A. (CONCEPA,2010)

CRT – Apesar de conhecida como Rio-Teresópolis, a rodovia corta importantes municípios, desde a Baixada Fluminense, como Duque de Caxias e Magé, subindo a Serra dos Órgãos com seu magnífico Parque Nacional, passando por Guapimirim e Teresópolis, até alcançar os municípios de São José do Vale do Rio Preto e Sapucaia, na fronteira com Além-Paraíba em Minas Gerais. (CRT, 2010)

CONCEPA – Primeira concessão rodoviária federal do Rio Grande do Sul, com uma área de concessão corresponde a 3.928 km², onde vivem, aproximadamente, 2,1 milhões de

habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2007. No primeiro trecho conhecido como Free Way, a Rodovia BR 290 atravessa seis municípios (Osório, Santo Antonio da Patrulha, Glorinha, Gravataí, Cachoeirinha e Porto Alegre), no segundo trecho, já coincidente com a BR 116 e conhecido como Travessia Getúlio Vargas, passa por Porto Alegre e Eldorado do Sul, e no último trecho, recentemente incorporado, sendo apenas a BR 116, corta Eldorado do Sul e Guaíba, atendendo, portanto, oito municípios e tornando-se um dos principais corredores de ligação com o Mercosul, em especial com o Uruguai e a Argentina. (CONCEPA, 2010)

ECOSUL – A Ecosul administra a maior malha rodoviária do Brasil. A concessão reúne cinco trechos vitais para as economias regional e nacional, sendo o maior deles o “corredor do Mercosul” (BR 116). Quase metade dos 6,5 milhões de veículos que trafega anualmente pelas rodovias administradas pela Ecosul é de carga, com destino ao porto do Rio Grande. Além disto, a Ecosul é o principal acesso para turistas uruguaios e argentinos em direção ao litoral brasileiro. (ECOSUL, 2010)

4. Modelagem e caracterização do problema

As rodovias em concessão são, em geral, estradas com fluxo intenso de veículos e com maior desgaste do pavimento. Consequentemente são estradas que necessitam de um grande volume de investimentos em manutenção e atendimento ao usuário por parte da empresa concessionária. Além disso, o crescimento econômico brasileiro provoca um aumento no fluxo de produtos transportados (grande parte das cargas é deslocada por estradas). Por outro lado, a expansão da renda e do emprego beneficia o transporte de passageiros, aumentando assim o número de automóveis e ônibus nas estradas. (Silveira et al., 2010)

Neste estudo, com intuito de se fazer uma análise da eficiência temporal das estradas, cada concessionária em cada ano foi considerada uma DMU diferente. Sua avaliação foi realizada a partir da composição de 2 (dois) índices de eficiência calculados através de 2 (dois) modelos DEA distintos. O primeiro visa medir a eficiência da concessionária que administra a rodovia com relação ao uso de bens de capital e a gestão de pessoal na operacionalização da rodovia enquanto o segundo avalia a eficiência da rodovia com relação ao uso das receitas e investimentos em segurança. O uso de dois modelos independentes é necessário pois, caso

contrário, perderíamos a relação causal e teríamos um excesso de variáveis para um número pequeno de DMUs. Com o objetivo de relacionar os dois modelos, nós propomos um índice de eficiência global que é dado pelo produto das eficiências dos dois modelos.

O primeiro modelo é semelhante ao apresentado por Silveira et al. (2010). Conforme destacado anteriormente, as concessionárias de rodovias são responsáveis pela manutenção dos trechos e por serviços de atendimento ao usuário. Para a operacionalização destes serviços, a empresa necessita de bens de capital e recursos humanos. Neste caso, são considerados como inputs o total de veículos disponíveis, incluindo para atendimentos e para manutenção das estradas, e o total de pessoas empregadas na operação, incluindo desde atendentes de pedágio até médicos para socorro em acidentes.

Como outputs do primeiro modelo, “produtos” das concessionárias, temos o volume de veículos pedagiados anualmente nas rodovias e total de atendimentos realizados ao usuário. Todos os recursos são empregados a fim de garantir o fluxo de veículos e o atendimento adequado ao cliente.

O primeiro modelo visa avaliar o desempenho das concessionárias no que se refere a sua gestão operacional e por isso foi utilizada a orientação a input. Assim, serão melhor avaliadas as empresas que conseguem garantir o atendimento aos seus usuários e o fluxo total de veículos a partir da utilização de poucos bens de capital e da gestão do quadro funcional.

O segundo modelo aqui utilizado foi baseado no apresentado por Clímaco et. al (2010) e visa avaliar a evolução da eficiência dos investimentos em segurança feitos pelas concessionárias ao longo do período.

O número de acidentes é considerado relevante para esta avaliação porque o objetivo primário da segurança nas estradas é evitar acidentes. Outro fator relevante é a receita da concessionária com a rodovia porque influencia a capacidade da empresa em realizar investimentos. Como o número de acidentes e a receita da concessionária são influenciados pelo comprimento da rodovia, usamos como inputs para este modelo as relações acidentes/km e receita/km para evitar distorções.

Consideramos os “produtos de segurança” da concessionária como sendo o tráfego total pela rodovia no ano de análise e o investimento. Como a segurança ao final de determinado ano é

consequência dos investimentos feitos não apenas no ano, mas também em momentos anteriores, consideramos os investimentos acumulados até aquele momento. Como os fatores também são influenciados pelo comprimento da rodovia, os outputs considerados foram as relações investimento acumulado/km e tráfego/km.

O segundo modelo visa avaliar o desempenho das concessionárias ao garantir a segurança nas rodovias e, além disso, espera-se aumentar a segurança nas estradas, por isso o modelo é orientado a output. Neste modelo, como já relatado em Clímaco et al. (2010), qualquer DMU que seja segura, que investe em segurança, que tem um pedágio barato ou que usa sua receita em melhorias para o viajante é considerada eficiente.

O objetivo dos modelos propostos é avaliar se os recursos utilizados pelas concessionárias estão adequados ao alto ou baixo tráfego, ou seja, se não há excesso de recursos usados. Sendo assim, este objetivo será pouco afetado mesmo que haja impacto nas eficiências e ineficiências provenientes de questões geográficas específicas das DMUs, não-administráveis pelas concessionárias.

O modelo DEA escolhido para ambas as análises foi o modelo BCC, que avalia retornos variáveis de escala, presentes no grupo de dados em avaliação.

A tabela 2 mostra um resumo dos inputs e outputs utilizados para os dois modelos.

Tabela 2: Inputs e Outputs dos modelos DEA utilizados.

	Input 1	Input 2	Output 1	Output 2
Modelo 1	Total de funcionários	Total de veículos	Volume anual de carros	Número total de atendimentos
Modelo 2	Acidentes/Km	Receita anual/Km	Investimento acumulado/Km	Tráfego/km

5. Resultados

Os modelos DEA-BCC foram aplicados a 6 (seis) DMU`s que representam as concessionárias de rodovias da primeira etapa do Programa de Concessões de Rodovias Federais nos anos de 2005 à 2008. Os dados utilizados na avaliação para os modelos 1 e 2 estão dispostos nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3: Valores dos inputs e outputs do modelo 1 para as DMUs consideradas.

Ano	DMUs	Modelo 1			
		Inputs		Outputs	
		Total de funcionários	Total de veículos	Volume anual de carros	Número total de atendimentos
2008	NOVA DUTRA	1070	122	131.910.880	341.365
	PONTE	234	17	28.094.945	93.666
	CONCER	393	50	22.454.239	68.866
	CRT	245	26	14.712.311	30.055
	CONCEPA	279	31	26.433.198	37.096
	ECOSUL	288	20	13.785.016	28.825
2007	NOVA DUTRA	996	127	119.849.451	340.959
	PONTE	138	46	27.011.506	91.736
	CONCER	395	50	21.421.394	62.177
	CRT	231	25	13.120.646	34.673
	CONCEPA	275	23	24.308.968	377.377
	ECOSUL	282	18	13.407.343	24.066
2006	NOVA DUTRA	975	127	84.177.558	335.411
	PONTE	230	46	26.340.931	86.232
	CONCER	395	50	19.264.663	47.657
	CRT	228	25	12.836.726	33.031
	CONCEPA	182	25	22.726.661	35.217
	ECOSUL	276	18	11.497.442	23.604
2005	NOVA DUTRA	1074	135	82.893.784	316.721
	PONTE	230	46	26.641.816	93.327
	CONCER	395	50	19.535.695	45.642
	CRT	223	23	12.544.621	31.033
	CONCEPA	243	27	21.697.864	35.428
	ECOSUL	259	16	11.086.719	25596

Tabela 4: Valores dos inputs e outputs do modelo 2 para as DMUs consideradas.

Ano	DMUs	Modelo 2			
		Inputs		Outputs	
		Acidentes/Km	Receita anual/Km	Investimento acumulado/Km	Tráfego/km
2008	NOVA DUTRA	5,64	2058024,15	1852484,44	328136,52
	PONTE	76,89	10678296,67	5324393,94	2128404,92
	CONCER	19,37	1143855,66	1708426,11	124815,11
	CRT	8,41	690924,75	740373,83	103244,29
	CONCEPA	10,21	1062326,89	4119980,49	218456,18
	ECOSUL	0,78	136648,68	115991,31	22098,45
2007	NOVA DUTRA	24,74	1694572,14	1785634,33	298132,96
	PONTE	65,00	7615454,55	4954393,94	2046326,21
	CONCER	12,96	796764,87	1669527,52	119073,90
	CRT	7,70	614750,88	708491,23	92074,71
	CONCEPA	9,65	865933,88	1060652,89	200900,56
	ECOSUL	1,12	128201,35	104958,32	21493,02
2006	NOVA DUTRA	21,05	1557199,00	1707462,69	209396,91
	PONTE	65,53	7176742,42	4500000,00	1995525,08
	CONCER	16,65	713513,06	1632017,79	107085,40
	CRT	7,51	571705,26	670175,44	90082,29
	CONCEPA	9,83	775057,85	995041,32	187823,64
	ECOSUL	1,00	99382,82	93138,83	18431,30
2005	NOVA DUTRA	22,67	1448231,34	1639713,93	206203,44
	PONTE	50,61	6631287,88	4167651,52	2018319,39
	CONCER	12,98	682045,58	1454680,38	108591,97
	CRT	6,25	504063,16	635600,00	88032,42
	CONCEPA	9,75	663413,22	903776,86	179321,19
	ECOSUL	1,10	82635,46	86276,05	17772,87

Os dois tipos de eficiência propostos foram calculados considerando que cada rodovia em cada ano representa uma DMU. Assim, o número total de DMUs considerado em cada modelo é 6 rodovias x 4 anos = 24 DMUs.

As tabelas 5 e 6 apresentam resultados obtidos para os modelos 1 e 2, respectivamente, enquanto que a tabela 7 apresenta o índice de eficiência global, que é o produto das eficiências obtidas pelos dois modelos. Os seguintes cabeçalhos são usados nas tabelas. Coluna DMUs indica as DMUs do modelo. Coluna Média indica, para cada DMU, a média aritmética das eficiências desta obtidas nos 4 anos considerados. Coluna Posição indica, para cada DMU, a posição desta no ranking que leva em conta a ordem decrescente das médias das eficiências. Todos os resultados são apresentados para cada rodovia em cada ano.

Tabela 5: Eficiência DEA-BCC temporal nos anos 2005 até 2008 de acordo com o modelo 1.

DMUs	Modelo 1				Média	Posição
	Eficiência DEA-BCC temporal 2005-2008					
	2005	2006	2007	2008		
NOVA DUTRA	0,6380	0,7233	0,9824	1,0000	0,8359	5
PONTE	0,7552	0,7488	1,0000	1,0000	0,8760	4
CONCER	0,4795	0,4802	0,4859	0,4900	0,4839	6
CRT	0,9248	0,8822	0,8755	0,8321	0,8787	3
CONCEPA	0,8232	1,0000	1,0000	0,7417	0,8912	2
ECOSUL	1,0000	0,9077	0,9003	0,8363	0,9111	1

Tabela 6: Eficiência DEA-BCC temporal nos anos 2005 até 2008 de acordo com o modelo 2.

DMUs	Modelo 2				Média	Posição
	Eficiência DEA-BCC temporal 2005-2008					
	2005	2006	2007	2008		
NOVA DUTRA	0,5486	0,5201	0,6454	1,0000	0,6785	4
PONTE	1,0000	0,9812	1,0000	1,0000	0,9953	1
CONCER	0,7028	0,6870	0,6654	0,4787	0,6335	5
CRT	0,6792	0,6130	0,5847	0,5740	0,6127	6
CONCEPA	0,9868	0,8864	0,8459	1,0000	0,9298	3
ECOSUL	1,0000	1,0000	0,8338	1,0000	0,9584	2

Tabela 7: Produto das eficiências obtidas pelos modelos 1 e 2.

DMUs	Eficiência Global				Média	Posição
	2005	2006	2007	2008		
NOVA DUTRA	0,3500	0,3762	0,6340	1,0000	0,5901	4
PONTE	0,7552	0,7347	1,0000	1,0000	0,8725	2
CONCER	0,3370	0,3299	0,3233	0,2346	0,3062	6
CRT	0,6282	0,5408	0,5119	0,4777	0,5396	5
CONCEPA	0,8123	0,8864	0,8459	0,7417	0,8216	3
ECOSUL	1,0000	0,9077	0,7506	0,8363	0,8737	1

Nos dois modelos, em qualquer um dos 4 (quatro) anos pesquisados, existe pelo menos uma DMU eficiente. Isto sugere que não houve grandes interferências macroeconômicas no período pesquisado, já que um ano ruim deixaria o período sem DMUs eficientes. Isto sugere também que não houve nenhum ano excepcionalmente bom, já que isso aumentaria a chance de haver outros anos sem DMUs eficientes, tendo as DMUs do ano excepcional como benchmark. Na prática, o único ano com interferências macroeconômicas foi 2008, mas pela quantidade de DMUs eficientes neste ano, percebemos que os efeitos não foram sentidos pelas concessionárias.

A Ponte terminou o período analisado entre as melhores, tendo melhorado muito no modelo 1 e na eficiência global. No início do ano de 2008, a concessionária da Ponte Rio-Niterói promoveu melhorias na estrutura e a instalação de acostamentos nas pistas de subida do vão central. Foram construídos dois refúgios, cada um com 80 metros de comprimento e 4,5 metros de largura. Nesses refúgios, foram posicionadas viaturas de atendimento ao usuário, para socorro. Essas bases operacionais permitiram que a concessionária transformasse os acostamentos existentes ao longo de toda a via, nos dois sentidos, em mais uma faixa, melhorando sobremaneira a fluidez do tráfego.

A Nova Dutra também terminou o período bem avaliada, mas a melhora foi proporcionalmente superior à Ponte. No ano de 2008, a concessionária definiu um conjunto de obras e serviços a fim de oferecer maior segurança aos usuários. Esta ação pode ter provocado

um aumento na estrutura para prestação de serviços, mas também um aumento do fluxo de veículos já que a rodovia passou a oferecer mais qualidade no serviço.

A Concer ficou com eficiência abaixo de 0,5 em todos os anos no modelo 1 e no global, mostrando um desempenho muito ruim. A expectativa é que esse desempenho melhore a partir de 2009, já que neste ano foi finalizada a obra de duplicação de um trecho de 37 km em Minas Gerais, ligando Matias Barbosa a Juiz de Fora. Com a finalização desta obra, os 180 km da BR-040 concedidos à Concer passaram a ter pistas duplas, melhorando significativamente a fluidez do tráfego e a segurança.

A Ecosul mostrou um grande desempenho em ambos os modelos, obtendo o primeiro lugar no modelo 1 e na eficiência global, e ficando em segundo no modelo 2, com 3 (três) anos eficientes. A concessionária já aplicou quase a totalidade dos investimentos exigidos no contrato em infraestrutura.

A Concepa também mostrou um grande desempenho em ambos os modelos, tendo sua pior colocação na eficiência global, ficando em terceiro lugar. No modelo 1, esta concessionária não terminou o período bem avaliada uma vez que em 2008 obteve índice de eficiência abaixo de 0,75 (seu pior desempenho). Já no modelo 2, esta concessionária obteve índices de eficiência sempre acima de 0,8 e atingiu a eficiência no ano 2008 (último ano avaliado).

Apesar de não ter sido eficiente em nenhum dos anos no modelo 1, a CRT obteve eficiência acima de 0,8 em todos os anos. Já no modelo 2, a CRT obteve um fraco desempenho devido principalmente ao baixo investimento/km em todos os anos estudados.

Comparando todas as DMUs, percebe-se que a Ponte possui uma característica incomum: seu comprimento é diminuto (vide tabela 1) comparado ao volume de veículos que trafegam por sua via diariamente (*output* 1 do modelo1). Este fato leva à necessidade de verificar qual o impacto desta DMU no ranking. Para fazer essa verificação, foi calculada a eficiência das DMUs com a retirada da Ponte para os dois modelos e a eficiência global. Os resultados seguem nas tabelas 8, 9 e 10.

Tabela 8 – Modelo 1 com a retirada da Ponte

DMUs	Eficiência DEA-BCC temporal 2005-2008				Média	Posição
	2005	2006	2007	2008		
NOVA DUTRA	0,6500	0,7304	0,9838	1,0000	0,8410	4
CONCER	0,4842	0,4847	0,4885	0,4915	0,4872	5
CRT	0,9431	0,8962	0,8910	0,8469	0,8943	3
CONCEPA	0,8703	1,0000	1,0000	0,8705	0,9352	2
ECOSUL	1,0000	0,9207	0,9571	0,8836	0,9403	1

Tabela 9 - Modelo 2 com a retirada da Ponte

DMUs	Eficiência DEA-BCC temporal 2005-2008				Média	Posição
	2005	2006	2007	2008		
NOVA DUTRA	0,7682	0,7464	1,0000	1,0000	0,8786	3
CONCER	0,7056	0,6887	0,6678	0,5419	0,6510	4
CRT	0,7184	0,6288	0,6115	0,6147	0,6434	5
CONCEPA	1,0000	0,9814	0,9988	1,0000	0,9950	1
ECOSUL	1,0000	1,0000	0,8888	1,0000	0,9722	2

Tabela 10 - Modelo Global com a retirada da Ponte

DMUs	Eficiência DEA-BCC temporal 2005-2008				Média	Posição
	2005	2006	2007	2008		
NOVA DUTRA	0,4993	0,5451	0,9838	1,0000	0,7571	3
CONCER	0,3417	0,3338	0,3263	0,2664	0,3170	5
CRT	0,6775	0,5635	0,5449	0,5206	0,5766	4
CONCEPA	0,8703	0,9814	0,9988	0,8705	0,9302	1
ECOSUL	1,0000	0,9207	0,8508	0,8836	0,9137	2

Observando as tabelas de resultados, nota-se que a Ponte realmente não teve muita influência nos valores das eficiências e principalmente nas posições dos *rankings* das outras DMUs. No Modelo 1 com a retirada da Ponte (tabela 8), o *ranking* continuou o mesmo. Já nos modelos 2 (tabela 9) e no modelo de eficiência global (tabela 10), houve apenas uma mudança no *ranking*, onde a Concepa trocou de posição com a Ecosul. Caso o impacto fosse significativo, haveria a necessidade de se usar técnicas para o tratamento de DMUs não homogêneas, como por exemplo, a usada por Bertoloto e Soares de Mello (2011).

Conclusão

O presente estudo avaliou a eficiência temporal de concessionárias de rodovias federais reguladas pela ANTT. Devido à falta de informações, só foi possível incluir no estudo as concessões que fizeram parte da primeira etapa do Programa de Concessões Rodoviárias, reduzindo assim o número de DMUs para o modelo DEA. Dois modelos DEA foram aplicados: um visando avaliar as concessionárias quanto a sua eficiência operacional enquanto o outro visa avaliar as concessionárias quanto ao investimento em segurança e o uso da receita em melhorias. O produto dos índices de eficiência dos dois modelos gerou uma eficiência global.

Os resultados mostraram que a Nova Dutra em ambos os modelos possui índice de eficiência sempre crescente atingindo a eficiência no ano de 2008. Quatro DMUs foram globalmente eficientes: Ecosul em 2005, Nova Dutra em 2008 e Ponte S.A. em 2007 e 2008.

Além disso, os dois modelos foram rodados sem a DMU Ponte, para analisar a influência desta na eficiência e *ranking* das outras DMUs, já que ela possui características muito diferentes das outras DMUs, principalmente em relação a sua extensão. Como esperado, houve apenas pequenas mudanças nos resultados.

Espera-se que, nos próximos anos, as demais concessionárias envolvidas no Programa de Concessão emitam relatórios anuais que permitam um estudo mais amplo, com maior quantidade de DMUs para o modelo DEA. Além disso, as rodovias estaduais concessionadas também poderiam ser incluídas, permitindo um estudo ainda mais amplo. Outra abordagem é avaliar a eficiência das concessionárias em cada ano separadamente, o que provavelmente teria como consequência quase todas as DMUs eficientes, devido ao número reduzido destas. Neste caso, assim como já feito por Clímaco et al (2010), o método Li e Reeves (1999) se torna adequado.

Referências

- Angulo Meza, L.; Lins, M. P. E. (2002), Review of methods for increasing discrimination in Data Envelopment Analysis. *Annals of Operations Research* Vol. 116, n. 1-4, p. 225-242.
- ANTT (2010), Concessão de Rodovias. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/concessao/rod/apresentacaorod.asp>. Acesso em: 20 Junho 2010
- Banker, R. D.; Charnes, A.; Cooper, W. W. (1984), Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* Vol. 30, n. 9, p. 1078-1092.
- Bertoloto, R. F.; Soares de Mello, J. C. C. B. (2011). Eficiência de portos e terminais privativos brasileiros com características distintas. *Journal of Transport Literature*, Vol. 5, n. 2, p. 4-21.
- Charnes, A.; Cooper, W. W.; Rhodes, E. (1978), Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research* Vol. 2, n. 6, p. 429-444.
- Chen, A.; Subprasom, K. (2007). Analysis of regulation and policy of private toll roads in a build-operate-transfer scheme under demand uncertainty. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 41 (6), pp. 537-558.
- Clímaco, J. C. N., Soares de Mello, J. C. C. B., Meza, L. A. (2010) A Study of Highways Performance with a Molp-Dea Model and an Interactive Tri-Criteria Linear Programming Package (Trimap), *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, Volume 7, Number 1, pp. 163-179.
- Cybis, H.B. B.; Guzen, E.R.; Lindau, L.A.; Ribeiro, J.L.D.; Michel, F.D. (2006), Model to Evaluate Roadway Concessions in Brazil. *Transportations Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 1948, pp. 9-16.
- Dalbem, M.C.; Brandão, L.; Macedo-Soares, T.D.L.A. (2010) Avaliação Econômica de Projetos de Transporte: melhores práticas e recomendações para o Brasil. *Revista de Administração Pública*. Rio de Janeiro 44(1), p. 87-117.
- Duarte, G. R. (2008), Análise Econômico-Financeira de Concessões Rodoviárias: Estudo de Caso de uma Concessionária. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Gomes, E.; Soares de Mello, J.C.C.B.; Biondi Neto, L.; Angulo Meza, L. (2004) Gestão de Auto-Estradas: Análise de Eficiência das Auto-Estradas Federais Brasileiras com Portagens. *Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão*, 3, n. 2, p. 68-75.
- Harral, C.; Faiz, A. (1988) El deterioro de los Caminos en los Países en Desarrollo – Causas y Soluciones. [S.l.] (ISBN 0-8213-1114).
- Leta, F. R.; Soares de Mello, J.C.C.B.; Gomes, E. G.; Angulo Meza, L. (2005) Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos, *Investigação Operacional*, 25(2), p. 229-242.
- Lins, M.P.E., Sollero, M.K.V., Calôba, G.M., Silva, A.C.M. (2007), Integrating the regulatory and utility firm perspectives, when measuring the efficiency of electricity distribution. *European Journal of Operational Research*, vol. 181, n.3, pp. 1413-1424.
- Li, X. B., Reeves, G. R. (1999), A multiple criteria approach to data envelopment analysis, *European Journal of Operational Research*, Vol. 115, No. 3, pp. 507-517.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Disponível em: <www.transportes.gov.br>. Acesso em: 20 Setembro 2008.
- Possamai, R. P. (2006). Avaliação de Eficiência Técnica em Concessionárias de Rodovias Utilizando Análise Envoltória de Dados. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [S.l.].

- Possamai, R. P.; Oliva, G. M. D.; Alban, J. F. (2007) Avaliação da Eficiência de Empresas de Transporte Rodoviário Interestadual e Internacional Utilizando Análise Envoltória de Dados. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Convênio 008ANTT/2006.
- Rocha, C. H.; Garcia, R. C. (2011). Tarifas máxima e mínima para as concessões de transporte: um estudo estatístico. *Journal of Transport Literature*, vol. 5, n. 4, pp. 4-16.
- Rocha, J.G.C.; Vanalle, R.M. (2003). Análise do Processo Decisório para Seleção de Rodovias a Serem Pedagiadas no Brasil. *Revista de Administração Contemporânea*, 7, pp.151-172.
- Schliessler, A. S.; Bull, A.(1994) Caminhos: Um Novo Enfoque para a Gestão e Manutenção Rodoviária. Nações Unidas. [S.l.], p. 246.
- Silveira, J. Q., Azevedo, G. H. I, Soares de Mello, J. C. C. B. (2010) Aplicação da análise envoltória de dados na avaliação da eficiência de rodovias federais concessionárias. In: XXIV ANPET, Congresso de pesquisa e ensino em transporte, Salvador, BA.
- Veloso, R. G.; Carvalho, C. R. V. D. (2004), Análise de Otimização de um Projeto de Concessão Rodoviária. Florianópolis: [s.n.].