

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Felipe da Silva Medeiros

EFICIÊNCIA EM CONCESSÕES DE
INFRAESTRUTURA: BENCHMARKING, PRICE-CAP
E O FATOR “X”

Porto Alegre

2014

Felipe da Silva Medeiros

Eficiência em Concessões de Infraestrutura: Benchmarking, Price-cap e o Fator “x”

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Transportes.

Orientador: Luiz Afonso dos Santos Senna,
Ph.D

Porto Alegre

2014

Felipe da Silva Medeiros

Eficiência em Concessões de Infraestrutura: Benchmarking, Price-cap e o fator “x”

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna, *Ph.D*
Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Luis Duarte Ribeiro
Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Ana Maria Volkmer de Azambuja, Dr^a. (IMEF/FURG)

Professor Guilherme Bergmann Borges Vieira, Dr. (UCS)

Professora Letícia Dexheimer, Dr^a. (CSTTT/UFPEL)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, irmãos e esposa, pelo incondicional apoio em todas as etapas do desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço igualmente aos colegas da ANTT, pelas discussões e ideias, bem como àqueles que contribuíram para facilitar e auxiliar o acesso aos dados utilizados no estudo de caso.

Agradeço também ao orientador, pela tranquilidade e disposição demonstrada ao longo deste trabalho, bem como a todos os professores e servidores do LASTRAN pelo auxílio despendido ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho busca identificar, discutir e propor um método capaz de avaliar e comparar eficiência na gestão e operação da infraestrutura concedida. Com foco na busca por um método que permita auxiliar a regulação *price-cap*, propõe uma forma de cálculo para o fator “x” dos reajustes tarifários, fator vinculado ao desempenho das concessionárias de serviços públicos. Serão identificados os principais métodos matemáticos utilizados em estudos acadêmicos e na prática regulatória, para avaliação e comparação de eficiência, bem como apresentadas suas principais vantagens e desvantagens. Apresentar-se-á uma discussão sobre quais modelos regulatórios permitem o uso do *benchmarking* como ferramenta auxiliar na decisão e uma proposta de uso para o cálculo do fator “x”, utilizando os métodos da Análise Estocástica de Fronteira (SFA) e a Análise Envoltória de Dados (DEA). Ao final, a aplicação do modelo proposto, em estudo de caso com concessionárias de rodovias federais brasileiras, permitirá avaliar a aplicabilidade da ferramenta. O objetivo do *benchmarking* como ferramenta regulatória é incentivar a inovação e promover, artificialmente, a concorrência entre empresas em mercados naturalmente monopolistas, como o da infraestrutura de transportes.

Palavras-chave: Eficiência, concessões, infraestrutura, fator “x”

ABSTRACT

This work tries to identify, discuss and propose a method to evaluate and compare management and operational efficiency in infrastructure concessions. Proposing a method to calculate the “x” factor from the price-cap regulation, this paper wants to promote the discussion about the performance of the public services concessionaries. Through the text we identify the two most used mathematics methods, in academic studies and practical regulation, to evaluate and compare performance. We discuss its advantages and disadvantages, proposing a combination of the two methods to make a benchmarking approach. After this, we use the Stochastic Frontier Analysis (SFA) and the Data Envelopment Analysis (DEA) to make a case study about the Brazilian federal highways concessionaries. For it we use our proposed model to find the “x” factor, attempt to propose the benchmarking like a tool to promote innovation and to insert, artificially, competition, between companies, in monopolistic markets like the transport infrastructure.

Key words: Efficiency, concessions, infrastructure, “x” factor

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados formatados para aplicação matemática.....	40
Tabela 2: Eficiência de escala.....	43
Tabela 3: Eficiências individuais.....	43
Tabela 4: Fator “x” individual.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Métodos de avaliação de eficiência – uso em transportes.....	20
Quadro 1: Características das concessionárias.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Método de pesquisa	10
1.1.1. TEMA	11
1.1.2. OBJETIVOS.....	11
1.1.2.1. Objetivo Geral.....	11
1.1.2.2. Objetivos específicos	11
1.1.3. LIMITAÇÕES E ESCOPO.....	11
1.1.4. ESTRUTURA	12
2.MÉTODOS PARA AVALIAR E COMPARAR EFICIÊNCIA EM CONCESSÕES DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES – UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA	13
1. INTRODUÇÃO	13
2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO – INDICADORES E MÉTODOS	14
2.1 Indicadores de desempenho	15
2.2 Métodos e ferramentas para análise de desempenho	16
2.2.1 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)	17
2.2.2 ANÁLISE DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA.....	17
2.2.3 OUTROS MÉTODOS.....	18
3. USOS DAS METODOLOGIAS EM TRANSPORTE	18
3.1 DEA	18
3.2 Análise da fronteira estocástica	19
3.3 Outros métodos	19
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS	22
3. BENCHMARKING COMO FERRAMENTA DE INCENTIVO A EFICIÊNCIA E INOVAÇÃO EM CONCESSÕES DE INFRAESTRUTURA – MÉTODOS MATEMÁTICOS	25
1. INTRODUÇÃO	25
2. MODELOS REGULATÓRIOS E BENCHMARKING	26
2.1 Price-cap	27
2.2 Yardstick	28

2.3 <i>Benchmarking</i> como ferramenta para regulação	29
3. MÉTODOS MATEMÁTICOS PARA <i>BENCHMARKING</i> – DEA E SFA	30
3.1 Análise envoltória de dados - DEA	30
3.2 Análise estocástica de fronteira – SFA.....	32
4. CONCLUSÃO – A PROPOSTA DE UM MÉTODO.....	33
REFERÊNCIAS	35
4. FATOR “X” E A EFICIÊNCIA EM CONCESSÕES DE INFRAESTRUTURA: ESTUDO DE CASO DE RODOVIAS BRASILEIRAS.....	36
1. INTRODUÇÃO	36
2. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	37
3. METODOLOGIA	38
3.1 <i>Inputs e outputs</i>	38
3.1.1. <i>INPUTS</i>	39
3.1.2. <i>OUTPUTS</i>	40
3.2 <i>Benchmarking</i>	40
4. RESULTADOS.....	42
4.1 Eficiência de escala (DEA)	42
4.2 Eficiência individual (SFA)	43
4.3 Fator “x”	44
5. CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45
5. CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a necessidade de investimentos em infraestrutura fez com que inúmeros países abrissem este mercado para a iniciativa privada. Através de concessões, empresas passaram a assumir a responsabilidade sobre investimentos, antes eminentemente públicos, sendo remuneradas por tarifas pré-estabelecidas. As tarifas, em geral, são pensadas de forma a tornar o investimento viável para entes privados e não onerar demasiadamente o setor produtivo do país.

Em grande parte dos contratos de concessão a preocupação com o primeiro aspecto é bem evidente, uma vez que uma das principais cláusulas contratuais é a garantia do equilíbrio econômico-financeiro da concessão, garantindo certos níveis de lucratividade à concessionária. Quanto ao segundo aspecto, em geral, não se percebe sua presença nos contratos, fato que entra na pauta de discussão com maior intensidade nos últimos anos. Com este intuito é que surgem diversas pesquisas sobre avaliação da eficiência das concessionárias, especialmente relacionadas com produtividade e custos.

Este assunto torna-se cada vez mais relevante frente aos enormes investimentos privados que os países em desenvolvimento pretendem atrair. O Brasil, por exemplo, lançou o Programa de Investimentos em Logística (PIL), com a meta de atrair investimentos privados na ordem de 240 bilhões de reais através de concessões de infraestrutura (Brasil, 2014).

Somando-se a isso as inúmeras concessões em andamento nas áreas de telefonia, energia elétrica, saneamento, transportes, dentre outros, percebe-se que a opção por este modelo aparenta ser definitiva. Nesse sentido, uma mudança no papel do Estado, de provedor de serviços através de grandes empresas estatais, para um Estado regulador, exige o desenvolvimento de novas habilidades, fato que vem ocorrendo desde a década de 1980 (Kirkpatrick et al, 2006).

Os métodos de regulação econômica são diversos, destacando-se entre eles, os que garantem uma determinada Taxa Interna de Retorno (*Rate of Return* – ROR) e os vinculados à chamada regulação por incentivos: *price-cap*, *yardstick competition*, rate moratória e outros esquemas híbridos (Senna e Michel, 2006; Vogelsang, 2002). As últimas décadas marcaram uma migração, por parte dos órgãos reguladores, da utilização dos métodos ROR para os métodos de regulação por incentivo (Cowan, 2002; Vogelsang, 2002).

No momento em que concessões de infraestrutura consolidam-se como boa alternativa de investimento para o setor privado, pelas características naturais deste mercado, de serviços fundamentais prestados, geralmente, de forma monopolista, promover a eficiência torna-se

uma tarefa complexa. Mercados onde não existe concorrência tendem a reduzir o investimento em pesquisa para inovação e eficiência.

O papel do regulador passa a ser desenvolver ferramentas que induzam a concorrência, ou que promovam a inovação e o aumento da eficiência das concessionárias, a fim de evitar os malefícios que mercados monopolistas podem trazer à sociedade. Massiani e Ragazzi (2008) citam uma série de motivos para se medir a eficiência das concessionárias de infraestrutura dentre os quais, determinar a melhor configuração do mercado para ganhos de eficiência em escala, permitir a aplicação da regulação por incentivos, enfim, definir uma estrutura regulatória que garanta serviços de qualidade a preços adequados ao longo do tempo.

Com este aspecto é que Bogetoft e Otto (2011) sugerem a utilização do *benchmarking* como ferramenta para inserir, de forma artificial, competição em mercados monopolistas. Além disso, os mesmos autores afirmam que essa ferramenta é capaz de melhorar o ambiente motivacional interno e externo às empresas, com vistas ao aumento da eficiência. Outro aspecto importante, salientado pelos autores, é que a assimetria de informação, grande fator de captura dos órgãos reguladores, pelos agentes de mercado, passa a ter menor influência em modelos que utilizam o *benchmarking* como ferramenta de regulação econômica.

Enfim, os benefícios advindos da avaliação e comparação de eficiência entre empresas ficam claros, especialmente quando se analisam setores da economia onde a concorrência tornou-se forte ao longo do tempo. Não há motivos aparentes para duvidar que isso possa ocorrer com o setor de infraestrutura.

A questão a ser discutida é como inserir concorrência em mercados de infraestrutura concedida, naturalmente monopolistas, através da avaliação e comparação de eficiência, sem que deixem de ser atrativos aos investidores privados, de forma a induzir a inovação, tornando a concessão vantajosa ao setor produtivo e a toda sociedade. Esta pesquisa, através de revisão bibliográfica, comparação entre métodos e um estudo de caso, busca incentivar a discussão e propor algumas formas de fazê-lo.

1.1. Método de pesquisa

Nesta seção será apresentado o método de pesquisa e a forma como a dissertação está dividida.

1.1.1. TEMA

A questão principal de pesquisa é: como avaliar e comparar eficiência em concessões de infraestrutura, com vistas à regulação tarifária?

1.1.2. OBJETIVOS

Os objetivos estão classificados em objetivo geral, que se refere ao que se busca encontrar ao final da dissertação e objetivos específicos, que se referem ao que se busca encontrar em cada um dos três artigos que compõem esta dissertação.

1.1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é identificar ou propor um método que permita avaliar e comparar eficiência em concessões de infraestrutura, com vistas a seu uso para o cálculo do fator “x” quando da regulação econômica por incentivos.

1.1.2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos são três, um para cada artigo desenvolvido:

- a) Identificar os métodos matemáticos mais utilizados, por reguladores e em pesquisas acadêmicas, para comparar eficiência em setores de infraestrutura;
- b) Discutir as vantagens e desvantagens dos métodos mais utilizados para o *benchmarking* de eficiência no setor de infraestrutura, e propor um método de cálculo do fator “x”;
- c) Estudo de caso, com a aplicação do método proposto, a fim de avaliar a viabilidade de sua aplicação prática.

1.1.3. LIMITAÇÕES E ESCOPO

Este trabalho buscou identificar um método adequado para realizar o *benchmarking* de eficiência entre concessionárias de infraestrutura, quando da utilização da regulação *price-cap*. A pesquisa desenvolvida foi direcionada a realizar o estudo de caso em concessões

rodoviárias. Apesar de ser possível aplicar o mesmo método, a mesma ferramenta, para outros setores de infraestrutura, pode ser necessário desenvolver adaptações.

Além disso, o trabalho não discute profundamente o que se podem considerar insumos e produtos de uma concessão rodoviária, apenas sugere-se a utilização de determinados fatores, por sua disponibilidade e pela padronização na forma de apresentação dos dados. As dificuldades em relação às diferenças de qualidade entre uma concessão e outra são apresentadas, porém é necessário aprofundar esta discussão.

1.1.4. ESTRUTURA

A dissertação foi desenvolvida em forma de três artigos, acrescidos de outros dois capítulos, um de introdução e um de conclusão. O primeiro artigo trata de identificar quais são os métodos matemáticos mais utilizados por órgãos reguladores e em pesquisas acadêmicas, quando se trata de medir e comparar eficiência no setor de infraestrutura. O segundo busca identificar vantagens e desvantagens dos métodos e propor um modelo de cálculo para o fator “x”. O terceiro e último artigo é um estudo de caso, utilizando o modelo proposto no segundo artigo, sobre a eficiência das concessionárias de rodovias federais da 2ª etapa de concessões, ocorrida em 2008.

2. MÉTODOS PARA AVALIAR E COMPARAR EFICIÊNCIA EM CONCESSÕES DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES – UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA

(Versão traduzida publicada em julho 2013 na GBATA 15th Annual International Conference)

Felipe da Silva Medeiros – UFRGS/ANTT (felipe.medeiros@antt.gov.br)

Luis Afonso dos Santos Senna – UFRGS (senna@producao.ufrgs.br)

Christine Tessele Nodari - UFRGS (piti@producao.ufrgs.br)

Resumo

Através de uma ampla revisão da literatura, bem como da análise de alguns contratos de concessão de rodovias, este trabalho busca identificar os principais métodos utilizados para análise e comparação da eficiência entre empresas. Com foco em concessões da infraestrutura de transportes, identificou-se a utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) e da Análise da Fronteira Estocástica como os principais métodos. Estes vêm sendo aplicados, em trabalhos acadêmicos, aos mais diversos serviços, como portos, aeroportos e rodovias, entretanto na prática regulatória não se identificou o uso destas ferramentas

Palavras - chave: eficiência, regulação, infraestrutura.

1. INTRODUÇÃO

As privatizações da infraestrutura básica que vem sendo realizadas no Brasil desde a década de 1990 têm gerado importante impacto na disponibilidade de serviços como telefonia, energia elétrica e transportes a toda população. O investimento privado em infraestrutura se torna, na atual situação, importante para a continuidade do crescimento econômico do país, representando uma oportunidade tanto para governos quanto para investidores.

Nesse cenário, a atuação de órgãos reguladores tem papel relevante na busca pela melhoria na qualidade dos serviços prestados. Como ferramenta de regulação, os contratos firmados entre governo e investidores possuem papel crucial. Esses contratos estabelecem as obrigações a que se sujeitam todos os envolvidos no processo, representando o sistema central da regulação.

Considerada sua importância, construir bons contratos de concessão representa enorme desafio para todos, reguladores, investidores, governos, pesquisadores, enfim, para toda sociedade. Neste sentido, diversos estudos têm sido conduzidos de maneira a indicar o que

deve prever um bom contrato. Diversos autores concordam quanto à necessidade de utilizar ferramentas para avaliar a qualidade e o desempenho das concessionárias, de forma que a avaliação reflita em recompensas ou punições (Senna e Michel, 2006; Hensher e Stanley, 2010; Stanley e Longva, 2010; Macário, 2010).

A grande questão a ser respondida é como avaliar e comparar concessões, visto que, em geral, elas apresentam cenários absolutamente distintos mesmo sendo de um mesmo setor. Exemplo disso são as rodovias. É de difícil comparação o desempenho obtido por uma concessionária que administra uma grande rodovia com inúmeras faixas em cada sentido e outra que detém concessão sobre uma ponte, ou uma rodovia menor e com topografia serrana.

Além disso, fazer com que essa avaliação e comparação reflita no valor do retorno obtido pelo ente privado, pode inviabilizar o investimento ou, por outro lado, estimular um desempenho além das expectativas.

Os métodos de *benchmarking* são ferramentas úteis para incentivar as concessionárias de serviços públicos a serem mais eficientes. Uma vez que a competição natural não é viável, considerando os altos custos para qualificar a infraestrutura, o *benchmarking* pode criar uma espécie de competição artificial entre as concessionárias. Reduzindo os efeitos da assimetria de informações existente entre concessionárias e órgãos reguladores, esta ferramenta é capaz de induzir a inovação, por parte das empresas, uma vez que os reajustes das tarifas dos serviços prestados estejam vinculados a bons níveis de eficiência, quando em comparação com as demais empresas do setor (Bogetoft e Otto, 2011). É esse aspecto, a forma como avaliar o desempenho das concessões, que este artigo busca identificar.

Através de revisão bibliográfica e pesquisa junto aos contratos e aos órgãos reguladores, este trabalho busca identificar a maneira pela qual o desempenho das concessionárias está sendo avaliado e o que está sendo feito com essa avaliação. Este artigo está organizado em 4 seções. Na seção 2 são apresentadas algumas reflexões sobre indicadores de desempenho e qualidade e sobre os métodos de avaliação de desempenho. Na seção 3 apresentam-se algumas aplicações dos métodos mais utilizados e na última seção conclui-se sobre quais pontos devem ter seu estudo aprofundado para o desenvolvimento de um bom método de avaliação e comparação do desempenho.

2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO – INDICADORES E MÉTODOS

A avaliação da produtividade, vinculada ao controle de qualidade, vem sendo amplamente discutida e aplicada desde o início da era industrial, especialmente neste setor da

economia que é o berço das técnicas existentes. Desde o sistema produtivo de Ford e dos princípios da administração científica de Taylor, a produção de bens sofre direta influência das técnicas de gestão da qualidade e produtividade, especialmente após a segunda guerra mundial, onde as restrições de matéria-prima, mão de obra e tempo obrigaram as indústrias a produzir de maneira muito mais eficiente (Juran, 1997).

O setor de serviços, especialmente o de infraestrutura, por ter sido por muito tempo gerenciado pelos governos como uma espécie de obrigação social e visto pela indústria como uma atividade que não agregava valor, sofre com a lentidão na aplicação de técnicas de gestão da qualidade e produtividade. Algumas ilhas de excelência vêm surgindo, a reboque de modernos conceitos de agregar serviços à comercialização de produtos, bem como da recente privatização de partes importantes deste setor, como telefonia, energia elétrica e transportes (Juran, 1997; Silva et al., 2006; Macedo, 2012).

Neste aspecto novas técnicas estão sendo utilizadas, nas últimas décadas, para incentivar a melhoria no desempenho das empresas prestadoras de serviços. É o caso, por exemplo, dos aeroportos, utilizando o *benchmarking* como ferramenta de incentivo ao aumento da produtividade (Graham, 2005). Estas técnicas e suas aplicações serão discutidas nesta seção.

2.1 Indicadores de desempenho

Quando se fala em produtividade, entende-se ser uma relação entre insumos utilizados e produtos ou serviços gerados por determinada organização. Esta visão simplista de produtividade pode esconder a complexidade dos processos produtivos, bem como as diferenças de atuação entre empresas. Essas diferenças são particularmente significativas no que diz respeito à gestão ambiental, à qualidade dos produtos e serviços oferecidos e ao adequado atendimento às demandas dos clientes. Este cenário dinâmico, que se instituiu no mundo moderno, dito globalizado, torna a tarefa de medição de desempenho cada vez mais complexa e fortemente vinculada aos indicadores utilizados na avaliação (Behn, 2003; Silva, 2006).

Estes indicadores de desempenho e/ou qualidade são a espinha dorsal de um sistema de medição. É fundamental que tais indicadores reflitam os objetivos os quais as organizações almejam. Logo, o primeiro passo, para uma boa avaliação de desempenho, é definir claramente quais são estes objetivos, que devem ser mensuráveis em quantidade e tempo (Müller, 2003; Hensher e Stanley, 2010; Stanley e Longva, 2010).

A escolha de bons indicadores, bem como a forma de obtenção dos dados são aspectos importantes a serem observados na construção de um sistema de medição do desempenho. Devido à especificidade de cada setor produtivo, de cada tipo de serviço, até mesmo de cada empresa, existem diversas técnicas para obtenção dos melhores indicadores. Técnicas como a do grupo focado, *Brainstorming*, QFD (*Quality Function Deployment*) - desdobramento da função qualidade, dentre outras. Considerando que não é o objetivo deste trabalho revisar esta parte do conhecimento, a próxima seção trata sobre os métodos de avaliação e comparação do desempenho entre empresas e processos.

2.2 Métodos e ferramentas para análise de desempenho

Uma empresa, por mais simples que seja, trabalha com diversos insumos e produtos. Considerando essa diversidade na produção, que pode ser acentuada quando se trata de serviços, é possível estabelecer medidas parciais de produtividade, onde apenas parte dos produtos, serviços ou insumos é considerada durante a avaliação da empresa. Estas medidas são conhecidas como Fator Parcial de Produtividade (FPP) e permitem uma análise limitada dos efeitos das mudanças. Apesar disso, são úteis quando se busca identificar, de forma pontual, o efeito imediato de alterações no sistema produtivo (Aragão, 1995 apud Costa, 1996; Azambuja, 2002).

Por outro lado, diversos autores afirmam que é necessário medir o impacto de mudanças, na produtividade total da empresa, uma vez que, uma alteração em um dos processos pode impactar em toda a organização. Estas medidas são conhecidas como Fator de Produtividade Total (FPT) e avaliam de maneira global o impacto das mudanças, com a desvantagem de não identificar impactos pontuais (Costa, 1996; Bonelli e Fonseca, 1998; Waters, 2002; Azambuja, 2002).

Quando se trata de avaliar desempenho de concessionárias ou serviços em infraestrutura de transportes, alguns autores utilizam técnicas para estimar funções de custo, como sendo o fator de comparação entre elas (Massiani e Ragazzi, 2008; Smith, 2012). Outros autores preferem utilizar funções de produção (Costa 1996; Azevedo et al., 2012). Existem outros ainda, que utilizam uma relação mais completa entre insumos e produtos, considerando também alguns aspectos relativos à qualidade dos serviços e à infraestrutura disponível (Azambuja, 2002; Diana, 2010). Outros trabalhos avaliam eficiência sob um enfoque específico, como eficiência técnica, uma relação entre a infraestrutura disponível e a utilização da mesma (Scotti et al., 2012).

Estas diferenças ocorrem porque os objetivos dos sistemas de avaliação de desempenho são diferentes. Alguns almejam maximizar o lucro ou minimizar custos da empresa, outros a promover a melhoria na qualidade dos serviços prestados, outros têm objetivos regulatórios, enfim, o sistema de medição de desempenho é um indutor da busca por metas previamente definidas, não devendo ser, em hipótese alguma, um objetivo por si só.

Alguns métodos frequentemente utilizados para avaliação e comparação do desempenho de empresas prestadoras de serviços em infraestrutura de transportes são descritos a seguir.

2.2.1 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

A análise envoltória de dados (DEA - *Data Envelopment Analysis*) é um método de programação matemática não-paramétrica capaz de avaliar eficiência técnica, quando se utilizam apenas quantidades como *inputs*, agregando a eficiência econômica quando se utilizam preços. Nesta análise os fatores de ruído da avaliação estão confundidos com a ineficiência (Azambuja, 2002). Além disso, o método DEA permite analisar diversos produtos com diversos insumos, é um modelo de medida agregada, sendo esta uma de suas limitações (Costa, 1996).

Este método consiste, basicamente, em definir as unidades de tomada de decisão (UTD ou DMU – *Decision Making Units*), que serão as unidades avaliadas quanto sua eficiência, e construir, a partir dos insumos e produtos utilizados e do modelo DEA escolhido, um ranking de aproximação da fronteira eficiente, capaz de medir a eficiência relativa entre as unidades observadas. Como resultado das diversas iterações do método, obtém-se uma fronteira eficiente, uma superfície sobre a qual todas as DMU's são consideradas pareto-eficientes e, quanto mais distante desta superfície menos eficiente é a unidade avaliada (Golany e Roll, 1989; Oum et al., 1992; Costa, 1996; Azambuja, 2002).

2.2.2 ANÁLISE DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA

Os modelos de análise da fronteira estocástica assumem que existem ineficiências que são inerentes aos processos, que não podem ser controladas pela empresa, logo cada DMU é um conjunto de insumos, ineficiências e erros aleatórios. O resultado da análise aponta uma

“taxa de aproximação” de cada DMU de uma fronteira onde a eficiência é máxima (Aigner et al., 1977; Azambuja, 2002; Diana, 2010; Smith, 2012).

Da mesma forma que para o método DEA, para utilizar a análise de fronteira estocástica, é necessário definir quais as DMU's e estimar uma ou mais funções de produção, custos ou uma função que agregue ambas e outras medidas de interesse. Alguns autores entendem ser este método melhor do que o DEA para comparar eficiência, uma vez que permite decompor o desvio da fronteira eficiente em erros aleatórios e ineficiência, esta, sob controle da empresa, além disso, este método permite avaliar a elasticidade do custo (Massiani e Ragazzi, 2008; Smith et al, 2010; Scotti et al, 2012).

2.2.3 OUTROS MÉTODOS

É possível utilizar diversos outros métodos para avaliar e comparar desempenho de unidades produtivas ou prestadoras de serviços. Na verdade podem-se aplicar, com alguma adaptação, praticamente todos os métodos de apoio a decisão multicriterial para comparar eficiência como, por exemplo, a análise GREY, índice Malmquist e diversos métodos diretos de comparação simples entre um conjunto pré-definido de indicadores (Almeida e Rebelatto, 2005; Graham, 2005).

3. USOS DAS METODOLOGIAS EM TRANSPORTE

Nesta seção, através de uma ampla revisão da literatura, busca-se identificar quais métodos estão sendo utilizados pelos pesquisadores para avaliar e comparar o desempenho de empresas prestadoras de serviços, especialmente na área de transportes. Uma vez que, parte importante da infraestrutura em transportes é concedida para que a iniciativa privada explore e preste os serviços. Procura-se identificar ainda, através de pesquisa junto a alguns dos mais recentes contratos de concessão, quais métodos estão sendo utilizados pelos órgãos reguladores para aferir e comparar o desempenho destas concessionárias.

3.1 DEA

A metodologia DEA vem sendo amplamente utilizada na comparação da eficiência entre prestadores de serviços na área de transportes, especialmente no Brasil. Diversos autores a utilizaram para comparar eficiência na operação de rodovias (Azevedo et al., 2012; Clímaco

et al., 2010), na operação de serviços de transporte de passageiros (Silveira, 2008; Azambuja, 2002) e em diversos outros serviços na área, como portos, aeroportos e ferrovias (Acosta et al., 2011; Gillen e Lall, 1997). Ferrari e Basta (2009) propõem o uso do DEA para introduzir competição e qualificar a regulação *price-cap* em portos concedidos na Itália

3.2 Análise da fronteira estocástica

A metodologia de análise da fronteira estocástica também é utilizada largamente em pesquisas na área de transportes. Apesar de pouco utilizada por autores brasileiros, diversos trabalhos fora do Brasil utilizaram esse método para comparar eficiência entre prestadores de serviço. Esta metodologia foi utilizada em análise de eficiência de aeroportos (Diana, 2010; Scotti et al, 2012), no setor de ferrovias (Smith et al., 2010; Smith, 2012), no transporte de passageiros (Novaes e Medeiros, 2008) e em rodovias concedidas (Massiani e Ragazzi, 2008).

3.3 Outros métodos

Diversos outros métodos diretos de avaliação tem sido usados. Pode-se dizer que neste ponto se enquadram a grande maioria dos trabalhos publicados. São métodos empíricos que consideram um conjunto de indicadores, mais ou menos complexos, e comparam os níveis atingidos pelas diversas empresas, concluindo pela eficiência ou não das empresas com base nestas medições.

Aqui também são encontrados muitos trabalhos na área de transportes, especialmente na de passageiros (Pezerico, 2002; Jansson e Pydoke, 2010; Medeiros e Nodari, 2011). Acredita-se que, pelo seu caráter de proximidade com o usuário, de necessidade diária e urgente, de operação contínua e, especialmente, pela forma como essa indústria se desenvolveu ao longo da história, cada empresa ou estudo propôs uma forma diferente de controlar a qualidade durante a prestação do serviço.

Esta situação deu origem a um grande número de indicadores de qualidade e desempenho que não podem ser simplesmente comparados, quando se deseja fazer *Benchmarking* entre empresas. Questões locais e estruturais devem ser consideradas. Como não existiu até o momento, no Brasil, grande interesse em comparar a eficiência entre empresas ou sistemas de transporte, não se buscou métodos unificados de avaliação, papel que caberá, provavelmente, aos órgãos gestores do transporte.

Nesta seção enquadram-se alguns dos contratos de concessão da exploração de rodovias. Apesar de possuírem um conjunto de parâmetros técnicos que definem a qualidade do pavimento ou da sinalização, não propõe métodos de avaliação de eficiência das concessionárias, é o caso dos contratos do segundo lote de concessões federais no Brasil e contratos do Chile, como exemplo o da “RUTA 5”. Os contratos de concessão das rodovias, realizados na década de 1990, sequer são parametrizados, não contemplando, de forma explícita, nenhuma forma de medição do desempenho.

O quadro 1 sintetiza os trabalhos realizados utilizando cada um dos métodos. Percebe-se que os trabalhos que utilizam a análise estocástica são mais recentes, provavelmente em virtude da qualificação pela qual os bancos de dados de concessões vêm passando ao longo dos últimos anos.

Quadro 1: Métodos de avaliação de eficiência – uso em transportes

AUTORES	ANO	MÉTODO	CAMPO DE APLICAÇÃO
Gillen e Lall	1997	DEA e Regressão Tobit	Aeroportos (21) nos Estudos Unidos - Avaliação da eficiência individual e de rede
Azambuja	2002	DEA	Transporte coletivo urbano - comparação da eficiência entre cidades brasileiras
Silveira	2008	DEA	Transporte interestadual de passageiros - comparação da eficiência de empresas
Ferrari e Basta	2009	DEA	Eficiência de portos italianos concedidos e fator “x” no reajuste da taxa de concessão
Acosta et al.	2011	DEA	Análise e comparação da eficiência produtiva em portos brasileiros
Azevedo et al.	2012	DEA	Eficiência técnica e em custos das rodovias federais brasileiras concedidas na década de 1990
Clímaco et al.	2012	MOLP - DEA	Rodovias federais brasileiras concedidas na década de 1990
Massiani e Ragazzi	2008	Estocástico	Rodovias concedidas italianas, antes e depois da privatização e comparação com concessões francesas
Novaes e Medeiros	2008	Estocástico e DEA	Transporte interestadual de passageiros - eficiência técnica e de escala entre empresas
Diana	2010	Estocástico	Aeroportos na área de Nova York
Smith et al.	2010	Estocástico	Benchmarking da eficiência de ferrovias européias
Smith	2012	Estocástico	Uso da comparação da eficiência de ferrovias européias para regulação econômica
Scotti et al.	2012	Estocástico	Eficiência técnica de aeroportos italianos
Contrato Ruta 5	1995	Indicadores	Rodovia Ruta 5 - Chile
Pezerico	2002	Indicadores	Transporte interestadual de passageiros

Contratos 2º lote Brasil	2008	Indicadores	Rodovias federais brasileiras concedidas no 2º lote
Jansson e Pydoke	2010	Indicadores	Transporte coletivo urbano
Medeiros e Nodari	2011	Indicadores	Transporte rodoviário de passageiros

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão da literatura exposta neste trabalho evidencia a importância da análise de eficiência em empresas de todos os ramos. Para ser efetiva esta análise necessita de um bom sistema de indicadores de desempenho, bem como da utilização de ferramentas adequadas para o *benchmarking*.

Com as recentes propostas de privatização maciça da infraestrutura logística no Brasil, aferir e comparar a eficiência sobre gestão e utilização dessa infraestrutura torna-se fundamental. Através desta comparação é possível prover maior equidade no uso da infraestrutura, bem como e, principalmente, aumentar a competitividade da indústria brasileira.

Em mercados onde exista competição, medir e comparar eficiência, direcionando ações que aumentem a produtividade, são fatores fundamentais à manutenção da organização no mercado. Em mercados como os das concessões de infraestrutura, naturalmente monopolistas, é necessário que o órgão regulador garanta a qualidade na prestação dos serviços e promova o aumento da eficiência das empresas, gerando equidade no uso e na cobrança pelos serviços.

Para isso, a inserção artificial de concorrência, através do *benchmarking* entre as diversas concessionárias, sejam nacionais ou não, torna-se uma opção importante. Fazer com que um fator de eficiência na gestão, operação e uso da infraestrutura concedida reflita na remuneração das concessionárias é capaz de incentivar a busca por qualificação na atuação destas empresas.

Neste aspecto é que a identificação das melhores técnicas para medir e comparar o desempenho destas empresas torna-se fundamental. Este trabalho buscou identificar quais são estas ferramentas e como elas vêm sendo utilizadas por pesquisadores e reguladores. Próximas etapas podem ser detalhar os principais métodos, explicitando suas vantagens e desvantagens, bem como em que momento é melhor utilizar um ou outro. Para que se conclua, por fim, com a aplicação real das ferramentas.

REFERÊNCIAS

- Acosta, C. M. M., Silva, A. M. V. A. e Lima, M. L. P. (2011) Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 5, n. 4, pp. 88-102.
- Aigner, D., Lovell, C. A. K. e Schmidt, P. (1977) Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, n. 6, pg. 21-37.
- Almeida, M. e Rebelatto, D. (2005) Sistematização das técnicas para avaliar a eficiência: variáveis que influenciam a tomada de decisão estratégica. *II SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*. Rezende - RJ.
- Azambuja, A. M. V. (2002) *Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina.
- Azevedo, G. H. I., Roboredo, M. C., Aizemberg, L., Silveira, J. Q. e Mello, J. C. C. B. S. Uso de análise envoltória de dados para mensurar eficiência temporal de rodovias federais concessionadas. *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 1, pg. 37 - 56.
- Behn, R. (2003) Why measure performance? Different Purposes Require Different Measures. *Public Administration Review*. n.5, v.63, set-out.
- Bogetoft, P. and Otto, L. (2011) *Benchmarking with DEA, SFA and R*. New York, Springer publishing house.
- Bonelli, R. e Fonseca, R. (1998) *Ganhos de produtividade e eficiência: novos resultados para a economia brasileira*. Texto para discussão N°557, IPEA, Brasília – DF.
- Clímaco, J. C. N., Mello, J. C. C. B. S. e 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*. V. 7, N. 1, Pg. 163-179.
- Costa, M. B. B. (1996) *Analisando a produtividade de uma operadora de transporte coletivo urbano por ônibus*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Diana, T. (2010) Can we explain airport performance? A case study of selected New York airports using a stochastic frontier model. *Journal of Air Transport Management*, n. 16, pg. 310 - 314.
- Ferrari, C. and Basta, M. (2009) Port Concession fees based on the price-cap regulation: A DEA approach. *Maritime Economics & Logistics*, v. 11, n. 1, pg. 121-135.

- Gillen, D. e Lall, A. (1997) Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis. *Transport Research - Part E*, v. 33, n. 4, pg. 261 - 273.
- Graham, A. (2005) Airport benchmarking: a review of the current situation. *Benchmarking: An International Journal*, v. 12, pg. 99-111.
- Golany, B. e Roll, Y. (1989) An Application Procedure for DEA. *Omega*, v. 17, n. 3, pg. 237-250.
- Hensher, D. A. e Stanley, J. (2010) Contracting regimes for bus services: What have we learnt after 20 years? *Research in transportation economics*, n. 29, pg. 140-144.
- Jansson, K. e Pyddoke, R. (2010) Quality incentives and quality outcomes in procured public transport – Case study Stockholm. *Research in Transportation Economics*, n.º.29.
- Juran, J. M. (1997) Qualidade no século XXI. *HSM Management*, n. 3, jul-ago.
- Macário, R. (2010) Future challenges for transport infrastructure pricing in PPP arrangements. *Research in transportation economics*, n. 30, pg. 145-154.
- Macedo, M. M. (2012) Gestão da produtividade nas empresas. *Revista Organização Sistêmica*, n. 1, v. 1, jan - jun.
- Massiani, J. e Ragazzi, G. (2008) Costs and efficiency of highway concessionaires: a survey of Italian operators. *European Transport*, n. 38, pg. 85-106.
- Medeiros, F. S. e Nodari, C. T. (2011) Sistema de Indicadores da Qualidade para o Transporte Rodoviário de Passageiros. *XXV ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*. Belo Horizonte – MG.
- Müller, Claudio José. (2003) *Modelo de gestão integrando planejamento estratégico, sistemas de avaliação de desempenho e gerenciamento de processos*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Novaes, A. G. e Medeiros, H. C. (2008) Análise da produtividade de sistemas de transportes com métodos paramétricos e não paramétricos. *XXII ANPET – Congresso de pesquisa e ensino em transportes*. Fortaleza – CE.
- Oum, T. H., Tretheway, M. W. e Waters, W. G. (1992) Concepts, Methods and Purposes of Productivity Measurement in Transportation. *Transportation Research Part A*, v. 26A, n. 6, pg. 493-505.
- Scotti, D., Malighetti, P., Martini, G., e Volta, N. (2012) The impact of airport competition on technical efficiency: A stochastic frontier analysis applied to Italian airport. *Journal of Air Transport Management*, n. 22, pg. 9 - 15.

Senna, L. A. S. e Michel, F. D. (2006) *Rodovias auto-sustentadas: O desafio do século XXI*. São Paulo, Editora CLA.

Silva, A. M.; Kubota, L. C.; Gottschalk, M. V. e Moreira, S. V. (2006) *Economia de Serviços: Uma revisão de literatura*. Texto para discussão N°1173, IPEA, Brasília – DF.

Silveira, S. F. (2008) *Desempenho e Benchmarking de Empresas de Transporte Rodoviário Interestadual de Passageiros*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina.

Smith, A., Wheat, P. e Smith, G. (2010) The role of international benchmarking in developing rail infrastructure efficiency estimates. *Utilities Policy*, v. 18, pg. 86-93.

Smith, A. S. J. (2012) The application of stochastic frontier panel models in economic regulation: Experience from the European rail sector. *Transportation Research Part E*, n. 48, pg. 503 - 515.

Stanley, J. e Longva, F. (2010) Workshop report - A successful contractual setting. *Research in transportation economics*, n. 29, pg. 80-88.

Waters, W. G. (2002) Productivity Measurement. *Handbook of Transport Modelling*. Cap. XX, v. 1, Oxford, Editora Pergamon Press.

3. BENCHMARKING COMO FERRAMENTA DE INCENTIVO A EFICIÊNCIA E INOVAÇÃO EM CONCESSÕES DE INFRAESTRUTURA – MÉTODOS MATEMÁTICOS

Felipe da Silva Medeiros – UFRGS/ANTT (felipe.medeiros@antt.gov.br)

Luis Afonso dos Santos Senna – UFRGS (senna@producao.ufrgs.br)

Resumo

Este trabalho busca propor um método para calcular o fator “x”, utilizado como fator de eficiência nos reajustes tarifários, quando da regulação *price-cap*. Amparado nos métodos matemáticos mais utilizados para avaliar e comparar eficiência, a análise estocástica de fronteira (SFA) e a análise envoltória de dados (DEA), o método também é útil como indicador do desempenho da empresa frente ao mercado onde atua. Como objetivo secundário, apresentam-se vantagens e desvantagens da utilização do SFA ou DEA, quando da realização de *benchmarking*.

Palavras - chave: Eficiência, *Price-cap*, *Benchmarking*,

1. INTRODUÇÃO

A mudança no papel dos Estados, de fornecedores ou prestadores de serviços, através de grandes empresas estatais, para Estados reguladores, está se tornando cada vez mais evidente nos países em desenvolvimento. Esta mudança vem ocorrendo lentamente desde a década de 1980 e tornou-se fundamental para o desenvolvimento da infraestrutura em quase todos os países (Kirkpatrick et al, 2006).

Considerado em seu papel regulador, o Estado deve permitir a livre concorrência em mercados normais e regular aqueles que, por algum motivo, estejam concorrencialmente imperfeitos, seja pelo seu relevante interesse social ou por serem monopólios naturais. Em todos os países a qualificação do ambiente regulatório, o fortalecimento das instituições reguladoras, para que tenham independência, tanto dos agentes do mercado quanto dos agentes políticos, é fundamental para incentivar o investimento privado na qualificação da infraestrutura. Ambientes regulatórios estáveis, onde as regras contratuais são técnicas e claras, tem se mostrado benéficos para o aumento da eficiência e do volume de investimentos em infraestrutura, por parte dos agentes privados (Kirkpatrick et al, 2006).

Nestes mercados, o modelo regulatório pode incentivar ou não o investimento e a inovação. Apesar do pouco tempo de existência das Agências Reguladoras, criadas ao final da década de 1990, tanto na Europa como em países em desenvolvimento, existem evidências suficientes para crer que sua atuação exerce forte impacto no nível de investimento privado na infraestrutura dos países, inclusive no que diz respeito a inovação ou apenas a manutenção da infraestrutura existente (Kirkpatrick et al, 2006; Cambini e Rondi, 2010).

Na busca por desenvolver e aplicar ferramentas que induzam maior eficiência e inovação, junto a empresas monopolísticas, especialmente quando se trata da gestão da infraestrutura concedida, diversos estudos tem se realizado ao redor do mundo. Neste aspecto, o *benchmarking* aparece como importante ferramenta para permitir a avaliação e comparação da eficiência entre empresas. Apesar disso, existe a discussão emergente de qual é o melhor método para encontrar o grau de eficiência de cada negócio.

Em pesquisa recente os autores identificaram a predominância da aplicação de dois métodos para comparar o grau de eficiência de concessionárias, a Análise Envoltória de Dados (DEA – Data Envelopment Analysis) e a Análise de Fronteira Estocástica (SFA – Stochastic Frontier Analysis) (Medeiros et al, 2013). Neste trabalho pretende-se comparar vantagens e desvantagens de cada um destes métodos, bem como mostrar alguns modelos regulatórios que permitem a utilização dos mesmos, com foco no modelo de *price-cap*, amplamente utilizado no mundo.

Este artigo está dividido em seções, a próxima apresenta alguns conceitos sobre os modelos regulatórios e *benchmarking*. A seguir são apresentados os métodos matemáticos mais usados em comparação de eficiência, comparando suas vantagens e desvantagens, concluindo sobre qual método pode se adaptar à realidade das concessões brasileiras.

2. MODELOS REGULATÓRIOS E *BENCHMARKING*

A regulação econômica, através de regras e práticas de comércio pré-definidas, é aplicada e discutida a milhares de anos (Senna e Michel, 2006). Modernamente, após a segunda guerra mundial, as técnicas de regulação passaram a ser discutidas com maior atenção. Teóricos desenvolveram diversos modelos regulatórios, distintos em sua organização, porém com o mesmo objetivo, evitar que, em mercados monopolísticos, os consumidores paguem valores superestimados por produtos ou serviços de baixa qualidade.

Atualmente os modelos mais utilizados são aqueles que garantem uma determinada Taxa de Retorno (*Rate of Return – ROR*) e os vinculados a chamada regulação por incentivos: *price-cap*, *yardstick*, *rate* moratória e outros esquemas híbridos (Senna e Michel, 2006; Vogelsang, 2002). Cowan (2002) e Vogelsang (2002) mostram que a década de 1990 foi marcada por uma forte mudança no modelo regulatório utilizado em diversos países, pelo menos no mercado de telecomunicações, passando do modelo de taxa interna de retorno para o *price-cap*. No Brasil os modelos mais utilizados são justamente estes dois. No que se refere a concessões rodoviárias, o modelo predominante ainda é o vinculado a garantia da taxa interna de retorno ao investidor.

Não faz parte do escopo deste trabalho discutir os mais diversos modelos regulatórios. O artigo irá apresentar os modelos de regulação por incentivos que permitem a utilização do *benchmarking* como ferramenta para incentivar a eficiência das empresas, de forma que se possa discutir os métodos matemáticos mais utilizados atualmente.

2.1 Price-cap

Neste modelo o regulador define o valor máximo a ser cobrado pelo serviço ou a receita máxima a ser auferida pela concessionária em determinado período, após o qual uma revisão é feita. Esta revisão considera os ganhos de eficiência e as mudanças no cenário regulatório e promove alterações nos limites. O período usual de revisão é entre 3 e 5 anos, porém, anualmente, os valores podem ser reajustados por algum índice de inflação. Durante o período, a concessionária é livre para definir valores abaixo do máximo fixado (Cowan, 2002; Senna e Michel, 2006; Bogetoft e Otto, 2011).

Este modelo é forte incentivador de eficiência em redução de custos, pois durante o período regulatório, as regras de receita e tarifa permanecem as mesmas, logo, quaisquer redução de custos leva a maior rentabilidade para a empresa. Ao final do período o regulador detém o poder de repassar ao usuário todo ou parte deste ganho em eficiência. O cuidado necessário para o sucesso deste modelo é que a qualidade da prestação do serviço também seja regulada, de forma que a redução de custo não seja baseada na redução da qualidade dos serviços (Vogelsang, 2002; Cowan, 2002; Sappington e Weisman, 2010).

O *Benchmarking* se encaixa perfeitamente ao modelo *price-cap*. É possível identificar e comparar os ganhos de eficiência de cada empresa e utilizá-los como fator redutor da tarifa ou receita para o próximo período, o que se chama, geralmente, fator “x”.

Fator “x” origina-se da fórmula onde o ajuste tarifário é calculado por $CPI - X$ (onde CPI é *Consumer Price Index* – índice de inflação). É possível ainda, comparar as empresas com alguma hipoteticamente ideal, aquela de eficiência máxima, mostrando o espaço que existe para melhorias, bem como desenvolver a competição em mercados monopolistas, de forma a premiar a empresa mais eficiente, o que aproxima a regulação *price-cap* da competição *yardstick* (Bogetoft e Otto, 2011).

2.2 *Yardstick*

A regulação através da competição *yardstick* caracteriza-se pela comparação de custos entre empresas, o que define o valor de tarifa que deveria ter sido cobrado ao longo do período. Ao final do período de análise, geralmente um ano, o regulador verifica e compara os custos de todas as empresas, definindo aquela mais eficiente, que será considerada a empresa *yardstick*. O nível de custo, verificado para esta empresa, torna-se o autorizado para todas as outras no período anterior, sendo feitos os ajustes necessários em receitas e tarifas (Vogelsang, 2002; Senna e Michel, 2006; Bogetoft e Otto, 2011).

Este método é o que utiliza o *benchmarking* como ferramenta fundamental, uma vez que os custos e receitas são definidos, em sua totalidade, através da comparação de eficiência em custos das diversas empresas. Como grande vantagem, introduz artificialmente e de forma muito significativa a competição em mercados concedidos e monopolísticos. Fazendo com que os mesmos se aproximem de mercados normais, o que pode ser uma de suas principais fraquezas.

Em mercados naturais, de competição perfeita, empresas iniciam e encerram suas atividades frequentemente, algumas empresas competem por qualidade, outras por preço, fatos que não são desejados em mercados com interesses sociais, como o de distribuição de energia elétrica ou transporte coletivo, por exemplo. Em mercados regulados, de interesse social, espera-se que uma empresa atinja a maior eficiência de escala possível, assim como eficiência geral em custos, com a garantia de certos níveis de qualidade, para que a sociedade usufrua de serviços qualificados pelo menor preço possível e de forma contínua.

Nestes mercados é preciso incentivar a competição e a inovação, porém de forma restrita, para evitar a queda na qualidade da prestação dos serviços, assim como evitar a interrupção no fornecimento dos mesmos. A substituição frequente de concessionária é tão prejudicial à sociedade quanto a manutenção de empresas ineficientes no mercado regulado,

sob a proteção do Estado. A utilização do *benchmarking*, associado a ideia dos dois modelos apresentados anteriormente é capaz de proporcionar um ambiente regulatório dos mais almejados pelos reguladores e pela sociedade.

2.3 *Benchmarking* como ferramenta para regulação

Como definição, pode-se entender o *benchmarking* como a comparação sistemática da performance de uma empresa contra outras (Bogetoft e Otto, 2011). Esta ferramenta tem sido amplamente utilizada no setor industrial na busca pelo conhecimento das melhores práticas. Os empresários desejam identificar seu posicionamento no mercado e aprender com aqueles que possuem melhores práticas, mesmo que em apenas um setor produtivo, de forma a qualificar sua operação e torna-la mais eficiente.

Em sistemas regulatórios esta ferramenta vem sendo usada de diversas formas, conforme Burns et al (2005), o *benchmarking* tem sido usado em sistemas *yardstick* em vários países da Europa. Segundo Bogetoft e Otto (2011), a organização industrial de fornecimento de água na Dinamarca tem utilizado *benchmarking* a muitos anos, possibilitando, através de relatórios públicos e gerais, que cada empresa do setor faça uma análise multidimensional de sua eficiência, podendo direcionar seus investimentos para setores ineficientes, quando comparados a outras empresas.

Além disso, a utilização de ferramentas de comparação de eficiência tem se mostrado como ferramenta motivacional e de transparência, pois mostra, de forma clara e objetiva, a todos os envolvidos, o desempenho das empresas (Bogetoft e Otto, 2011). Outros fatores positivos da utilização do *benchmarking* incluem minimizar os efeitos prejudiciais da assimetria de informação existente entre as concessionárias e os agentes reguladores e a inserção de competição entre as empresas em monopólios (Bogetoft e Otto, 2011).

A comparação de eficiência entre empresas pode ser feita de diversas formas, desde a comparação entre simples indicadores até a utilização de métodos matemáticos mais complexos. Atualmente, inúmeros agentes reguladores, bem como grande parte dos estudos técnicos, tem utilizado dois deles, e suas variações, a Análise Envoltória de Dados (DEA) e a Análise de Fronteira Estocástica (SFA) (Bogetoft e Otto, 2011; Medeiros et al, 2013; IBNET, 2014). Estes dois métodos serão apresentados e discutidos a seguir.

3. MÉTODOS MATEMÁTICOS PARA *BENCHMARKING* – DEA E SFA

Bons sistemas de avaliação de eficiência podem contemplar o uso de uma ou mais ferramentas matemáticas. Conhecendo previamente os objetivos a serem alcançados com a avaliação torna-se mais fácil a escolha pelo melhor método. A seguir serão descritos os dois mais importantes métodos de avaliação de eficiência, com foco no *benchmarking*.

3.1 Análise envoltória de dados - DEA

Como definição pode-se dizer que a análise envoltória de dados é um método não-paramétrico de programação matemática que permite estimar uma fronteira de produção eficiente, onde se encontram as melhores práticas, bem como avaliar a eficiência relativa entre diferentes unidades (IBNET, 2014; Bogetoft e Otto, 2011; Cooper et al, 2011). O DEA pode ser voltado a eficiência produtiva, onde busca-se maximizar *outputs* ou eficiência em custos, onde busca-se minimizar *inputs*.

O método foi originalmente desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes ao final da década de 1970 (Charnes et al, 1978), sendo seu primeiro modelo conhecido por CCR, em homenagem aos autores ou CRS, por considerar os retornos constantes em escala. Ao longo das últimas décadas diversos estudos qualificaram e diferenciaram o DEA em alguns outros modelos, porém sempre mantendo o princípio proposto, de estimar uma fronteira de produção eficiente, permitida pela tecnologia atual, onde todas as empresas da amostra poderiam estar atuando (Cooper et al, 2011).

Basicamente, para aplicar o método, deve-se definir quais serão as unidades de decisão (DMU's), empresas ou setores que serão avaliadas, selecionar os *inputs* e *outputs* a serem considerados e escolher o método de cálculo que melhor se adapta aos objetivos da avaliação. São quatro os principais métodos, segundo Bogetoft e Otto (2011):

1. Retorno variável de escala (VRS – *Variable returns to scale*): pressupõe que não é adequado modificar a escala de produção da empresa. Como resultado, ao aumentar a produção obtém-se, primeiramente um crescente retorno de escala, depois retorno constante e, por fim, retorno decrescente de escala.
2. Retorno decrescente de escala (DRS – *Decreasing returns to scale*): apresenta comportamento gráfico semelhante ao VRS, pressupõe que

não pode ser ruim a empresa ser menor, porém poderá ser desvantajoso ser maior.

3. Retorno constante de escala (*CRS – Constant returns to scale*): método original, também conhecido como CCR, pressupõe ganhos constantes a medida em que se aumenta a produção ou tamanho da empresa.

4. Retorno crescente de escala (*IRS – Increasing returns to scale*): comportamento gráfico semelhante ao CRS, pressupõe que não pode ser ruim ser maior, porém poderá ser uma desvantagem ser menor.

Os resultados, da aplicação de modelos DEA, serão a estimativa de uma fronteira onde a eficiência é máxima, e valores do desvio, das empresas, dessa fronteira, ou seja, valores de ineficiência geral. Um dos problemas do método é que não separa erros aleatórios ou ruídos nos dados das ineficiências, atribuindo às empresas toda e qualquer ineficiência calculada (IBNET, 2014; Bogetoft e Otto, 2011).

Considerando os quatro modelos, é possível identificar a eficiência de escala de uma firma como sendo a taxa da eficiência calculada pelo modelo CRS e a calculada pelo modelo VRS. Além disso é possível verificar se a DMU é ineficiente em escala por ser muito grande ou pequena. Este resultado aparece da relação entre os resultados dos modelos DRS, CRS e VRS (Bogetoft e Otto, 2011).

Na utilização do método DEA deve-se atentar ao fato de que, quanto mais *inputs* e *outputs* forem considerados, mais firmas serão 100% eficientes. Tendo em vista esta limitação, alguns pesquisadores propõe uma regra que não é definitiva, mas é auxiliar na decisão, o número de unidades amostrais deve ser três vezes maior que a quantidade de *inputs* e *outputs* somada (Bogetoft e Otto, 2011). Caso isso não seja possível, é recomendável uma avaliação aprofundada dos resultados, para entender o motivo pelo qual uma DMU foi considerada eficiente, existindo a possibilidade de excluir determinado *input/output* do modelo e reanalisar os resultados.

As principais vantagens do uso de modelos DEA são a flexibilidade na escolha das DMU's, bem como na escolha de inputs/outputs, praticamente qualquer coisa pode ser definida como unidade de decisão, desde uma empresa inteira até um único setor em comparação com outro, da mesma firma ou não. Outra vantagem é que o modelo não requer quaisquer informação sobre o comportamento matemático do processo, tais como função de produção e afins. Além disso, o resultado da utilização de modelos DEA mostra em que nível

de produtividade a DMU pode chegar, ou seja, mostra o objetivo atingível quando da melhoria na eficiência dos processos, permitindo a análise sobre a viabilidade econômica de se realizar a melhoria ou não (IBNET, 2014; Bogetoft e Otto, 2011, Cooper et al, 2011).

Como desvantagem principal, quanto maior a quantidade de inputs/outputs, mais DMU's serão consideradas 100% eficientes, havendo a necessidade de grande número de DMU's, para evitar este problema. Além disso, por ter como pano de fundo a pesquisa operacional e interesses gerenciais, os resultados da aplicação dos modelos DEA devem ser interpretados com base na realidade percebida por gestores, poucos testes estatísticos podem ser aplicados em conjunto com este método. Ainda, ao não considerar erros aleatórios e ruídos nos dados coletados, os resultados da aplicação do DEA podem atribuir, às empresas, uma ineficiência superestimada e definir uma fronteira "supereficiente", impossível de ser atingida por todos.

3.2 Análise estocástica de fronteira – SFA

Pode-se definir a análise estocástica de fronteira como um método estatístico, paramétrico, amparado em conceitos e técnicas econométricas, capaz de definir uma fronteira eficiente e calcular a ineficiência de empresas e/ou processos (IBNET, 2014; Bogetoft e Otto, 2011; Mátyás e Sevestre, 2008).

A análise estocástica de fronteira acolhe o conceito de ruído nos dados e permite calcular um termo de erro, indicando que o desvio da fronteira eficiente pode ser, além de ineficiências, erros aleatórios e fatores eventuais. Entretanto, para isso, é necessário que se façam algumas inferências iniciais sobre o comportamento da função produção e a forma da distribuição dos erros, inferências que são desnecessárias quando da aplicação do DEA (IBNET, 2014; Bogetoft e Otto, 2011).

Segundo IBNET (2014) a SFA pode ser classificada em três tipos:

1. Fronteira de produção: calcula a eficiência técnica e se torna interessante quando não existem informações disponíveis sobre custos;
2. Fronteira de custos: calcula a eficiência em custos, revelando qual é o menor custo, tecnicamente possível, para a produção de determinado produto ou serviço. Este modelo é especialmente interessante para o caso das concessões onde a empresa é obrigada a fornecer determinadas quantidades de serviço a determinado nível de qualidade. Nestes casos as concessionárias apenas podem trabalhar na implantação de medidas de redução de custos;

3. Fronteira da distância entre inputs: apesar do nome, este modelo pode ser orientado tanto para inputs quanto para outputs, revelando quanto se pode diminuir o vetor insumos, mantendo o vetor produtos igual ou vice-versa.

A aplicação de modelos SFA parece mais robusta uma vez que permite a utilização de inúmeros testes estatísticos para validar modelos e variáveis. Além disso, parece mais prudente e próximo da realidade, por considerar erros e ruídos inerentes aos processos de fabricação ou prestação de serviços e coleta de dados, desconsiderando valores atípicos (Mátyás e Sevestre, 2008).

Por outro lado a que considerar que as inferências iniciais, a respeito da forma da função produção, bem como da distribuição dos termos de erro, podem dificultar as análises e inserir incertezas nos modelos (IBNET, 2014; Bogetoft e Otto, 2011; Mátyás e Sevestre, 2008).

4. CONCLUSÃO – A PROPOSTA DE UM MÉTODO

Fica evidente a necessidade de que concessionárias de serviços públicos tenham sua eficiência avaliada e que essa avaliação tenha reflexo nas tarifas cobradas. Não é aceitável que a sociedade pague pela ineficiência das empresas, assim como é vantajoso, para as próprias concessionárias, que conheçam as melhores práticas e possam inovar em suas áreas de atuação, reduzindo custos e dividindo com seus clientes os ganhos de produtividade.

Esta tendência faz com que o *benchmarking* se torne uma excelente ferramenta de regulação técnica e econômica, permitindo avaliações e comparações entre concessionárias, inclusive internacionalmente. A utilização desta ferramenta associada aos conceitos de regulação *price-cap*, permite incentivar a inovação, a redução de custos e pode ser um passo significativo em direção ao desenvolvimento dos setores de infraestrutura concedida.

Entretanto, para que se tenha sucesso ao utilizar o *benchmarking*, os modelos matemáticos devem apresentar resultados realísticos, que permitam retornos financeiros a todos os envolvidos no processo. A que se atentar ao fato de que propor uma mudança muito grande de eficiência a um setor pode levar a inviabilidade econômica da atividade, pela necessidade de mudança repentina de toda tecnologia produtiva.

Neste sentido, a utilização da Análise Estocástica de Fronteira parece a opção mais prudente, vez que traz em seus conceitos uma série de vantagens, em relação aos modelos DEA. Além disso, suas desvantagens são superáveis frente a possibilidade de o regulador coletar tanta informação quanto for necessária para garantir que as estimativas iniciais, sobre

o comportamento da função produção e da distribuição do termo de erro, sejam bem próximas da realidade.

Apesar disso, através da utilização do SFA não é possível conhecer a eficiência de escala da concessionária. Considerando que, em geral, a escala da empresa não está sob seu controle, pois o tamanho da concessão já vem definido pelo órgão regulador, conhecer a ineficiência de escala é importante, para evitar atribuir a concessionária uma ineficiência que foge ao seu controle.

Para superar tal dificuldade propõe-se a utilização associada de modelos SFA, e modelos DEA - CRS e VRS. Além disso, a utilização conjunta dos métodos permite fazer uma avaliação comparativa entre resultados, possibilitando maior grau de certeza na aplicação da ineficiência como fator “x” do reajuste tarifário.

Considerados estes aspectos o fator “x” pode ser definido como:

$$X = (E_{SFA} - 1) \times E_{esc}; \quad x \leq 0; \quad E_{esc} \leq 1 \quad (1)$$

$$E_{esc} = \frac{E_{crs}}{E_{vrs}} \quad (2)$$

Onde, X é fator “x” para fins de reajuste tarifário, E_{esc} = eficiência de escala, calculada a partir dos modelos DEA e E_{SFA} = eficiência individual, calculada a partir da aplicação do método da Análise Estocástica de Fronteira, normalizada considerando a empresa mais eficiente como 100%. Sendo que o cálculo do valor do reajuste da tarifa deverá ser:

$$R = CPI \times (1 - X) \quad (3)$$

Onde, R é o percentual de reajuste da tarifa e CPI (*Consumer Price Index*) é um índice de reajuste pré-definido, em geral vinculado a um índice inflacionário.

As formas de realizar o *benchmarking* são diversas, desde simples comparações de resultados, até complexos modelos estatísticos. A escolha de modelos adequados, de aplicação segura e consistente, com aderência a realidade e com resultados de fácil compreensão é fundamental para que se possa promover o desenvolvimento do setor de infraestrutura do país. Estimular maior eficiência das concessionárias é benéfico para todo setor produtivo local.

Este artigo propôs um método para o cálculo do fator “x” e é parte integrante de um trabalho maior que passou pela identificação dos principais métodos matemáticos utilizados na prática regulatória, bem como em pesquisas científicas, para avaliar e comparar eficiência,

e deve culminar em estudos de caso que permitam verificar a aderência do modelo proposto à realidade regulatória do Brasil.

REFERÊNCIAS

- Bogetoft, P. and Otto, L. (2011) *Benchmarking with DEA, SFA and R*. New York, Springer publishing house.
- Burns, P., Jenkins, C. e Riechmann, C. (2005) The role of benchmarking for yardstick competition. *Utilities Policy*, n. 13, pg. 302-309.
- Cambini, C. e Rondi, L. (2010) Incentive regulation and investment: evidence from European energy utilities. *Journal of Regulatory Economics*, n. 38, pg. 1-26.
- Charnes, A., Cooper, W. W. e Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, pg. 429-444.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. e Zhu, j. (2011) *Handbook on Data Envelopment Analysis*. New York, Springer publishing house.
- Cowan, S. (2002) Price-cap regulation. *Swedish Economic Policy Review*, n.9, pg. 167-188.
- IBNET (2014) The international benchmarking network for water and sanitation utilities. www.ib-net.org.
- Kirkpatrick, C., Parker, D. e Zhang, Y. (2006) Foreign direct investment in infrastructure in developing countries: does regulation make a difference? *Transnational Corporation*, vol. 15, n. 01, pp. 143-171.
- Mátyás, L. e Sevestre, P. (2008) *The Econometrics of Panel Data*. New York, Springer publishing house.
- Medeiros, F. S., Senna, L. A. S. e Nodari, C. T. (2013) Methods to evaluate and compare efficiency in infrastructure and transportation concessions – An exploratory analysis. *Global Business and Technology Association – Fifteenth Annual International Conference – GBATA 2013 Readings Book*, pg. 777-784.
- Sappington, D. E. M. e Weisman, D. L. (2010) Price cap regulation: what have we learned from 25 years of experience in the telecommunications industry? *Journal of Regulatory Economics*, n. 38, pg. 227-257.
- Senna, L. A. S. e Michel, F. D. (2006) *Rodovias auto-sustentadas: O desafio do século XXI*. São Paulo, Editora CLA.
- Vogelsang, I. (2002) Incentive Regulation and Competition in Public Utility Markets: A 20-year Perspective. *Journal of Regulatory Economics*, n. 22, pg.5-27.

4. FATOR “X” E A EFICIÊNCIA EM CONCESSÕES DE INFRAESTRUTURA: ESTUDO DE CASO DE RODOVIAS BRASILEIRAS

Felipe da Silva Medeiros – UFRGS/ANTT (felipe.medeiros@antt.gov.br)

Luis Afonso dos Santos Senna – UFRGS (senna@producao.ufrgs.br)

Resumo

Este trabalho é um estudo de caso sobre as concessionárias brasileiras de rodovias federais da 2ª etapa, visando obter o fator “x”, utilizado como fator de eficiência nos reajustes tarifários, quando da regulação *price-cap*. Durante o trabalho foram utilizadas ferramentas para avaliação e comparação de eficiência entre empresas, especialmente os métodos de análise estocástica de fronteira e análise envoltória de dados. Identificou-se eficiências individuais e de escala de forma comparativa, ou seja, de uma empresa em relação direta com as outras da amostra.

Palavras - chave: Eficiência, Regulação, *Benchmarking*.

1. INTRODUÇÃO

O investimento privado em infraestrutura pública, telefonia, rodovias, portos, produção e distribuição de energia elétrica, dentre outros, está se tornando cada vez mais importante para o desenvolvimento industrial e social de diversos países. Por outro lado, a inserção de entidades privadas em mercados naturalmente monopolísticos gera um desafio maior ao Estado, o de garantir que os serviços sejam prestados com qualidade e eficiência.

A garantia de certos níveis de qualidade vêm sendo tratada, pelos órgãos reguladores, através de indicadores técnicos, com padrões de referência, cujo atendimento é cláusula contratual, como se percebe em alguns contratos de rodovias (ANTT, 2014). Já a questão da eficiência têm sido tratada em muitos trabalhos técnicos/acadêmicos e aplicada, por órgãos reguladores, apenas em alguns países desenvolvidos (Bogetoft e Otto, 2011; IBNET, 2014).

Kirkpatrick et al (2006) afirma que a efetividade dos órgãos reguladores, em promover competição nestes mercados monopolísticos, é ponto fundamental para o bom desempenho das concessões de infraestrutura. Unindo as duas ideias, de eficiência e competição, Bogetoft e Otto (2001) sugerem que a utilização do *benchmarking*, como ferramenta para a regulação, trará benefícios para o desenvolvimento do setor de infraestrutura.

Outros autores e institutos de pesquisa, como Massiani e Ragazzi (2008), Ferrari e Basta (2009) e o IBNET – *The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* – concordam que a utilização de ferramentas para avaliar e comparar eficiência é fator fundamental para o desenvolvimento dos setores regulados. Apesar disso, para que estas ferramentas tenham o efeito desejado, devem estar inseridas em modelos de regulação econômica adequados. Neste trabalho pretende-se aplicar estas ideias ao modelo de regulação *price-cap*, com vistas a calcular o fator “x” dos reajustes tarifários, que corresponde a parcela vinculada ao desempenho das concessionárias.

Este trabalho realiza um estudo de caso aplicado a concessões de rodovias brasileiras da 2ª etapa, que completaram, aproximadamente, 5 anos da assinatura dos contratos. Utilizar-se-á para isso modelo proposto pelos autores em trabalho anterior, onde estão inseridas as ferramentas matemáticas de análise estocástica de fronteira (SFA) e de análise envoltória de dados (DEA).

A apresentação do artigo se dá em seções, após a introdução, a primeira seção descreve as características da amostra utilizada, a segunda apresenta o método anteriormente proposto e a metodologia deste trabalho, a seguir apresentam-se os resultados e, por fim, a conclusão.

2. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Para este estudo de caso foram selecionadas as sete concessionárias brasileiras de rodovias federais da chamada 2ª etapa de concessão, ocorrida no ano de 2008. Cada uma delas foi considerada uma Unidade de Decisão (DMU). Todos os dados foram fornecidos pelo órgão regulador, a Agência Nacional de Transportes Terrestres e retirados dos relatórios anuais apresentados pelas concessionárias.

Para a seleção da amostra foram considerados diversos aspectos, dentre os quais:

1. Contratos semelhantes no que diz respeito aos índices mínimos de qualidade, uma vez que a literatura indica a necessidade de observar que a qualidade da prestação dos serviços seja semelhante, evitando grandes diferenças de custo atribuídas a baixa ou alta qualidade;
2. Tempo de concessão razoável, para que tenha terminado o período de ajustes iniciais, em termos de mão-de-obra, gestão e implantação dos serviços nas rodovias;

3. Boa disponibilidade de dados, inclusive apresentados em relatórios padronizados, dando maior robustez a informação.

Enfim, as condições contratuais, legais, mercadológicas e de tempo são todas semelhantes para as empresas da amostra, o que permite maior confiabilidade nos resultados, pelo menos eliminando incertezas que cenários regulatórios diferentes poderiam gerar. As concessionárias não serão nomeadas por força de condição imposta pelo órgão regulador para fornecimento dos dados.

A amostra é composta por sete concessionárias cujas características físicas e operacionais estão indicadas no quadro 1, conforme relatório anual de 2012 Rodovias Federais Concedidas (ANTT, 2013).

Quadro 1: Características das concessionárias

	A	B	C	D	E	F	G
Extensão da concessão (km)	562,1	322,14	382,3	412,7	401,6	200,4	321,6
Quantidade de Praças de pedágio	08	05	05	05	06	03	04
Nº de veículos de serviço	65	71	77	34	53	61	36
Nº de funcionários	1.205	1.765	580	1.326	653	365	289
Tarifa Categoria 1 (R\$)	1,40	3,10	3,30	1,50	1,80	4,50	3,30
Veículos pedagiados no ano (x10³)	71.061	28.268	62.732	12.163	48.237	7.164	11.888

3. METODOLOGIA

Nesta seção será discutida a metodologia do trabalho. Primeiramente demonstrar-se-á a forma de tratamento dos dados, bem como os motivos da escolha de *inputs* e *outputs*, depois o método utilizado para efetivar o *benchmarking* e, por fim, a forma de cálculo proposta para o fator “x”.

3.1 *Inputs* e *outputs*

A definição do que são insumos e produtos em uma concessão nem sempre é trivial e, em geral, depende dos objetivos da análise. Segundo Massiani e Ragazzi (2008), o produto de uma rodovia é composto por três partes:

- a) A disponibilização de determinada capacidade, que tem relação direta com a quantidade de faixas de tráfego;
- b) Vazão do tráfego, que também tem relação com número de faixas e de postos de cobrança de pedágio;
- c) Qualidade do serviço.

Neste trabalho, que busca identificar eficiência técnica e/ou de custos, foram considerados dois aspectos que contribuem significativamente para a geração de gastos à concessionária. A capacidade da rodovia, traduzida em quantidade e extensão das faixas de tráfego, este aspecto impacta diretamente custos com manutenção de pavimento e sinalização, monitoração da rodovia, operação (guinchos, ambulâncias, veículos de apoio), dentre outros. E o volume de veículos pedagiados, que impacta diretamente nos custos com mão-de-obra e infraestrutura, principalmente em praças de cobrança da tarifa.

Como insumos foram considerados diversos tipos de gastos, excluindo-se aqueles diretamente relacionados com investimentos previstos nos contratos. Isso demonstra que a avaliação de eficiência apresentada se dará com relação a operação e manutenção da rodovia, uma vez que os investimentos são completamente distintos entre uma concessão e outra e dependem apenas das condições contratuais estabelecidas.

Em suma, os produtos são a quantidade e extensão das faixas de tráfego e quantidade de veículos equivalentes pedagiados na rodovia. Os insumos são gastos relativos a operação e manutenção da rodovia.

3.1.1. *INPUTS*

Os insumos foram obtidos junto aos balancetes apresentados pelas concessionárias à ANTT. Foram consideradas as contas relativas a:

- a) Custos associados as receitas do pedágio (CP): compreendem os custos relativos a serviços de manutenção e conservação, incluindo pavimento e sinalização, operação, incluindo os serviços de inspeção da rodovia, atendimentos de emergência e verba de fiscalização e monitoração;
- b) Depreciação e amortização (DA);
- c) Despesas e demais resultados (DE): nesta conta encontram-se gastos com consultorias, material de escritório, veículos, dentre outras.

Estes valores foram considerados de maneira independente, de forma a computar, no modelo matemático, três insumos distintos, o que possibilita, caso se julgue necessário,

avaliar o comportamento da empresa frente a mudanças de custos em apenas um dos aspectos. Os valores foram considerados em múltiplos de 1000, conforme tabela 2.

3.1.2. *OUTPUTS*

A quantidade e extensão das faixas de tráfego foram obtidas junto ao relatório – Rodovias Federais Concedidas 2012 (ANTT, 2013). Para considerar tanto a extensão quanto a quantidade de faixas de tráfego existentes em cada sentido da rodovia, foi criado o índice de extensão ponderada (EP), ou seja, um quilômetro de rodovia com duas faixas de tráfego em cada sentido equivale a dois quilômetros de rodovia que tenha apenas uma faixa de tráfego em cada sentido. As vias marginais foram contabilizadas como rodovia de uma faixa de tráfego em cada sentido.

Com relação ao volume de veículos, foram extraídos, do mesmo relatório, o volume de veículos equivalentes pedagiados (VEP), ver tabela 1. A opção por utilizar o dado de veículos equivalentes ocorre pelas diferenças na proporção entre veículos de passeio e comercial existente entre as concessionárias. Sabe-se que veículos comerciais tendem a promover maior desgaste do pavimento, entretanto os veículos de passeio, pelo seu maior volume diário, tendem a promover maior custo com estruturas de cobrança e de atendimento a emergências. Posto isso, considerar o volume de veículos equivalentes permite captar estas diferenças e considerá-las na análise.

Tabela 1: Dados formatados para aplicação matemática

		A	B	C	D	E	F	G
INPUT	CP (R\$10³)	115.645	56.661	24.420	26.515	85.564	27.361	81.971
	DA (R\$10³)	24.470	13.025	3.668	10.991	19.902	10.369	6.835
	DE (R\$10³)	69.048	49.832	13.982	24.079	83.353	25.563	31.719
OUTPUT	EP (km)	1190	337	917	492	794	200	333
	VEP (10³)	160.648	48.167	122.462	27.055	146.006	15.662	26.739

3.2 *Benchmarking*

Esta parte do trabalho foi amplamente baseada no livro *Benchmarking with DEA, SFA, and R* de Peter Bogetoft e Lars Otto. Neste livro os autores promovem a utilização do *benchmarking* como ferramenta auxiliar na regulação econômica, justamente um dos aspectos

teóricos sobre o qual este artigo trabalha. Além disso, verifica-se que a análise estocástica de fronteira (SFA) e a análise envoltória de dados (DEA), são os métodos matemáticos mais utilizados para avaliar e comparar eficiência (Medeiros et al, 2013).

Os dois métodos matemáticos, DEA e SFA, apresentam vantagens e desvantagens em sua aplicação ao *benchmarking*, conforme discutido no artigo anterior. Basicamente, o DEA é um método não-paramétrico de programação linear, exemplificado na equação 1, que não demanda conhecimento prévio sobre o comportamento dos dados, porém considera erros aleatórios como ineficiência e exige maior número de DMU's (IBNET, 2014; Bogetoft e Otto, 2011, Cooper et al, 2011). Já o SFA é um método paramétrico, estatístico, generalizado na equação 2, que exige algum conhecimento sobre o comportamento da função produção, bem como da distribuição dos termos de erro, porém permite mensurar os erros aleatórios, bem como utilizar inúmeras ferramentas e testes estatísticos disponíveis (IBNET, 2014; Bogetoft e Otto, 2011; Mátyás e Sevestre, 2008).

$$\min_{E, \alpha^1, \dots, \alpha^K} E \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\begin{aligned} Ex^0 &\geq \sum_{k=1}^K \alpha^k x^k, \\ y^0 &\leq \sum_{k=1}^K \alpha^k y^k, \\ \alpha &\in A^K(\gamma) \end{aligned}$$

$$y^k = f(x^k, \beta) e^{v^k} e^{-u^k} u \in R_+; v \in R \quad (2)$$

Onde, na equação 1, E é a eficiência orientada para inputs e o terceiro termo das condições impostas para minimizar E é o que define a condição dos retornos de escala (constante, variável, dentre outros). Na equação 2, “u” é o termo associado a ineficiência da empresa e “v” é o termo associado aos erros aleatórios.

Para a avaliação e comparação da eficiência das concessionárias utilizou-se, em conjunto, alguns dos modelos DEA e SFA. Para avaliar a eficiência de escala (Es), utilizou-se os modelos DEA considerando retornos constantes em escala e retornos variáveis em escala, conforme equação 3 (Bogetoft e Otto, 2011). Para avaliar a eficiência individual das empresas, utilizou-se um modelo SFA que permite utilizar múltiplos insumos e produtos.

$$Es = \frac{E_{DEAcrs}}{E_{DEAvrs}} \quad (3)$$

Após cálculo da eficiência individual, pelo método da análise estocástica, normalizou-se os resultados considerando a empresa com maior eficiência individual como 100% e as outras em relação a ela. Para encontrar o fator “x” individual, reduziu-se da ineficiência encontrada pelo SFA, a parcela referente a ineficiência de escala, por considerar este um aspecto que não está sob controle da concessionária e sim do órgão regular, que define a escala da empresa quando define o tamanho da concessão.

4. RESULTADOS

Esta seção irá apresentar as eficiências individuais e de escala de todas as concessionárias, bem como o fator “x” para cada uma delas. Serão três subseções, a primeira apresentando a eficiência de escala, a segunda a eficiência individual e a terceira o cálculo do fator “x”. Em todas as etapas de cálculo foi utilizado o *software* livre R.

Após a primeira rodada de aplicação dos métodos, verificou-se que a concessionária C apresentou dados e resultados muito distantes das outras, sendo considerada ponto fora da curva. Tal empresa foi excluída da análise para diminuir erros. De forma empírica, na análise dos dados da tabela 2, percebe-se, por exemplo, que esta concessionária apresenta *outputs* muito superiores ao da concessionária D, com custos menores em todos os *inputs*. Há que aprofundar a análise da coleta de dados desta concessionária, para que se possa afirmar o que motivou tamanha diferença.

4.1 Eficiência de escala (DEA)

Utilizando o método proposto por Bogetoft e Otto (2011), foram calculadas as eficiências através dos métodos DEA, CRS (Ecrs) e VRS (Evr), e a eficiência de escala (Es) de cada concessionária. Os resultados são apresentados na tabela 3.

Tabela 2: Eficiência de escala

	A	B	D	E	F	G
Ecrs	1	0,5735	1	1	0,4652	1
Evr	1	0,889	1	1	1	1
Es	1	0,645	1	1	0,465	1

Aderente à teoria, os modelos DEA apresentaram grande número de empresas 100% eficientes, isso porque foram utilizados 5 outputs e inputs, e consideradas apenas 6 DMU's. Além disso, é coerente com a teoria o fato de que o modelo VRS apresenta graus de eficiência maiores. Para que seja possível melhor análise das eficiências de escala é necessário utilizar maior amostra de empresas ou fazer uma análise plurianual, comparando o desempenho anual de cada concessionária, como se fosse uma DMU independente.

Apesar disso, percebe-se que 35,5% da ineficiência da concessionária B e 53,5% da ineficiência da concessionária F são devidos a escala, enquanto as outras concessionárias são consideradas eficientes em escala, se comparadas com este banco de dados. Uma ressalva se faz necessária, toda vez que se alterar os dados utilizados, ocorrerá a mudança nos resultados, pois os modelos são comparativos.

4.2 Eficiência individual (SFA)

Para encontrar a eficiência individual (E_i) das concessionárias da amostra, utilizou-se um modelo de análise estocástica de fronteira, através de funções de distância, que permitem a análise com múltiplos insumos e produtos, após o escore foi normalizado pela concessionária mais eficiente (E_{in}). Os resultados são apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Eficiências individuais

	A	B	D	E	F	G
E_i	0,994823	0,988497	0,993596	0,996859	0,996891	0,995586
E_{in}	99,8%	99,1%	99,6%	99,9%	100%	99,8%

Este resultado, também aderente à teoria, aponta que as empresas são muito eficientes. Os modelos SFA não atribuem eficiência 100% a nenhuma empresa, pois sempre consideram um termo de erro aleatório. Além disso, a amplitude da variação entre a melhor e a menor empresa deve ser, em geral, menor que os resultados apontados pelos modelos DEA, pois ao considerar erros aleatórios, excluem da ineficiência valores que os modelos DEA consideram como ineficiências.

Fato importante de salientar é que os resultados apontam para algum problema com os dados coletados, de forma que, ou a amostra é insuficiente para modelos conclusivos ou os dados estão carregados com muitos fatores de ruído.

4.3 Fator “x”

Para finalizar a análise, mesmo percebendo os resultados inconclusivos do cálculo da eficiência individual, considerando que o objetivo principal do trabalho é propor um método de cálculo do fator “x” para os reajustes tarifários no modelo regulatório de *price-cap*, apresentam-se os resultados, conforme modelo proposto no artigo anterior. Os resultados são apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Fator “x” individual

	A	B	D	E	F	G
Fator “x”	0,002	0,006	0,004	0,001	0	0,002

Da análise dos valores apontados como fator “x” percebe-se que não são suficientes para uma ação regulatória capaz de estimular o aumento da eficiência das concessionárias. A que aprofundar a verificação dos dados, aplicando o modelo proposto e, ainda, buscar identificar possíveis produtos ou insumos que podem ser considerados para aperfeiçoar o modelo.

5. CONCLUSÃO

A inclusão de ferramentas de avaliação da eficiência em concessões mostra-se necessária e útil para estimular o desenvolvimento do setor de infraestrutura. Apesar disso, ainda é incipiente a utilização de tais ferramentas pelos órgãos reguladores de países em desenvolvimento.

O método proposto para *benchmarking* entre empresas mostrou-se adequado para utilização como ferramenta regulatória e aderente a teoria. Entretanto, o estudo de caso demonstra alguma fragilidade na seleção e coleta de dados que exige uma revisão cuidadosa, com vistas a qualificar sua utilização para este fim.

A aplicação do método para o cálculo do fator “x”, considerando a base de dados utilizada, mostrou que, ao menos neste caso, os índices apontados não seriam suficientes para estimular aumento de eficiência por parte das concessionárias. Alguns fatores podem ter contribuído para este resultado.

A utilização de poucas DMU’s é um dos motivos para que o método apresente resultados inconclusivos. Além disso, a aplicação do modelo SFA indica que o tipo e a forma dos dados contribuíram para este resultado. Sugere-se identificar em detalhes os componentes

de todas as contas dos balancetes das empresas, para que se possa verificar se os mesmos custos estão sendo incorporados nas mesmas contas. Sugere-se, também, verificar outros componentes de custo que possam fazer parte do modelo de cálculo.

Para melhor calibrar o modelo proposto, é necessário aplica-lo a uma base de dados maior, sugere-se algo em torno de três vezes o número de observações utilizadas. Apesar de não ser possível concluir, ainda, sobre o nível de eficiência das concessionárias avaliadas, foi possível verificar que existem diferenças significativas nos custos de operação entre elas, que permanecem inexplicadas.

Este trabalho contribui para a discussão sobre a evidente necessidade de avaliar e comparar a eficiência na operação de empresas que operam sob monopólios protegidos pelo Estado. Contribui ainda, para a discussão sobre a aplicação de ferramentas de *benchmarking* como forma de regulação econômica.

Para próximos trabalhos, a utilização de base de dados mais ampla, bem como o melhor entendimento de sua origem podem contribuir para melhoria no método de cálculo. Além disso, a discussão aprofundada sobre quais podem ser os insumos e produtos de uma concessão rodoviária poderá qualificar a análise.

REFERÊNCIAS

- ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres (2014). Contrato de concessão edital N°004/2013. Disponível em:
http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/28399/CONCEBRA___BR_060_153_262_DF_GO_MG___BR_060_e_BR_153_do_DF_ate_a_divisa_MG_SP_e_BR_262_da_BR_153_MG_a_BR_381_MG.html
- ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres (2013). Relatório Rodovias Federais Concedidas – 2012. Disponível em:
http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4983/Relatorios_Anuais___Rodovias_Federais_Concedidas.html
- Bogetoft, P. and Otto, L. (2011) *Benchmarking with DEA, SFA and R*. New York, Springer publishing house.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. e Zhu, j. (2011) *Handbook on Data Envelopment Analysis*. New York, Springer publishing house.
- Ferrari, C. and Basta, M. (2009) Port Concession fees based on the price-cap regulation: A DEA approach. *Maritime Economics & Logistics*, v. 11, n. 1, pg. 121-135.
- Massiani, J. e Ragazzi, G. (2008) Costs and efficiency of highway concessionaires: a survey of Italian operators. *European Transport*, n. 38, pg. 85-106.

Mátyás, L. e Sevestre, P. (2008) *The Econometrics of Panel Data*. New York, Springer publishing house.

Medeiros, F. S., Senna, L. A. S. e Nodari, C. T. (2013) Methods to evaluate and compare efficiency in infrastructure and transportation concessions – An exploratory analysis. *Global Business and Technology Association – Fifteenth Annual International Conference – GBATA 2013 Readings Book*, pg. 777-784.

Kirkpatrick, C., Parker, D. e Zhang, Y. (2006) Foreign direct investment in infrastructure in developing countries: does regulation make a difference? *Transnational Corporation*, vol. 15, n. 01, pp. 143-171.

5. CONCLUSÃO

A busca pela eficiência tem sido constante nas indústrias, especialmente no período pós-segunda guerra. Com o crescente aumento da concorrência, empresas ineficientes acabam sendo eliminadas do mercado pelos seus altos custos.

Na década de 1990, diversos países, reconhecendo a falta de capacidade financeira para desenvolver sua infraestrutura, iniciam processos de concessão em diversos setores estruturais, tais como telefonia, energia elétrica e transportes. Serviços, antes prestados diretamente pelo Estado, passam a ser privados e, por suas características, tornam-se grandes monopólios, em alguns casos, oligopólios.

Esta mudança no comportamento administrativo dos Estados exige o desenvolvimento de novas ferramentas de controle e gestão destes serviços. O Estado se torna regulador de serviços públicos, prestados através de empresas privadas.

Na última década, a discussão sobre a eficiência das concessionárias surge como grande fator de mudança nas formas regulatórias que passam a considerar a importância deste aspecto. Este trabalho vem contribuir com esta discussão, trazendo conceitos de benchmarking, amplamente aplicados na gestão privada de indústrias, para o rol de ferramentas a serem utilizadas para regulação de mercados.

Em um primeiro momento, deixando clara a importância desta avaliação de eficiência, como forma de promover a melhoria nos setores regulados, identifica quais as ferramentas matemáticas mais utilizadas em pesquisas e na prática regulatória, atualmente. É verificado que a Análise Estocástica de Fronteira (SFA), bem como a Análise Envoltória de Dados (DEA), vem sendo largamente utilizadas como metodologias de avaliação e comparação da eficiência entre empresas.

Em um segundo momento, a discussão sobre quais modelos regulatórios necessitam ou permitem a utilização do *benchmarking* como ferramenta, considera sua aplicação aos modelos *Yardstick*, onde a comparação entre empresas é ponto exclusivo na definição das tarifas, e *Price-cap*, onde a avaliação de eficiência é utilizada para encontrar o chamado fator “x” e define parte do valor da tarifa, sendo outra parte um reajuste indexado. Considerada a experiência de países europeus, percebe-se grande tendência a utilização do *price-cap*, em detrimento de outros modelos regulatórios.

Apresentadas as vantagens e desvantagens dos métodos SFA e DEA, propõe-se que a utilização de ambos, em um modelo misto de avaliação de eficiência, pode ser uma boa

solução. Aproveitando as vantagens dos dois métodos é possível identificar a eficiência de escala, possibilitando uma definição futura do arranjo de mercado mais eficiente, bem como uma avaliação de eficiência que considere os possíveis ruídos na coleta de dados, bem como erros aleatórios inerentes a todos os processos produtivos.

A aplicação do modelo de cálculo para o fator “x”, em um estudo de caso utilizando concessionárias de rodovias federais brasileiras mostrou-se, na prática, inconclusivo, frente a limitação do banco de dados utilizado. O modelo, entretanto, apresentou coerência com a teoria, indicando que sua utilização pode e deve ser aprofundada.

Os resultados mostram que, a análise através dos modelos SFA, indica forte influência de ruídos nos dados ou erros aleatórios, o que se deve às diferenças de escala entre as concessionárias da amostra. Como foram consideradas apenas seis observações, o método atribui estas diferenças a erros ou ruídos nos dados. Já a análise pelos métodos DEA atribuíram grande influência a ineficiências de escala, apesar de considerar três empresas 100% eficientes, o que é previsto na teoria, considerando a quantidade de inputs/outputs do modelo.

Uma vez que os dois métodos, DEA e SFA, são comparativos, ou seja, os resultados estão diretamente vinculados ao banco de dados utilizado, o aumento na quantidade de observações da amostra deve contribuir para qualificar estas comparações. Além disso, a utilização de índices, por exemplo, de custo de operação por veículo ou custo de manutenção de pavimento por quilometro de rodovia, ao invés da utilização do dado natural, como custo de operação, por exemplo, pode contribuir para minimizar os efeitos da diferença de escala entre as concessionárias avaliadas.

Em suma, este trabalho mostra a importância da avaliação de eficiência como ferramenta regulatória, discute os métodos matemáticos mais utilizados para este fim, bem como os modelos regulatórios que permitem sua utilização. Finaliza propondo um método de cálculo para o fator “x”, quando utilizado na regulação *price-cap*, mostrando a viabilidade da aplicação do *benchmarking* como ferramenta prática de regulação tarifária. Como sugestão para próximos estudos, resta utilizar maior base de dados para melhor compreender e calibrar o modelo proposto.

REFERÊNCIAS

Bogetoft, P. and Otto, L. (2011) *Benchmarking with DEA, SFA and R*. New York, Springer publishing house.

Brasil (2014). Empresa de Planejamento e Logística. Disponível em:
<http://www.logisticabrasil.gov.br>

Cowan, S. (2002) Price-cap regulation. *Swedish Economic Policy Review*, n.9, pg. 167-188.
Kirkpatrick, C., Parker, D. e Zhang, Y. (2006) Foreign direct investment in infrastructure in developing countries: does regulation make a difference? *Transnational Corporation*, vol. 15, n. 01, pp. 143-171.

Massiani, J. e Ragazzi, G. (2008) Costs and efficiency of highway concessionaires: a survey of Italian operators. *European Transport*, n. 38, pg. 85-106.

Senna, L. A. S. e Michel, F. D. (2006) *Rodovias auto-sustentadas: O desafio do século XXI*. São Paulo, Editora CLA.

Vogelsang, I. (2002) Incentive Regulation and Competition in Public Utility Markets: A 20-year Perspective. *Journal of Regulatory Economics*, n. 22, pg.5-27.