

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRANSPORTE BRASILEIRO NO CENÁRIO INTERNACIONAL UTILIZANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Viviane Adriano Falcão
Flávia de Castro Camioto
Francisco Gildemir Ferreira da Silva
Matheus Pereira Camargo
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

O desenvolvimento econômico de um país depende diretamente da eficiência do seu sistema de transportes. A importância do bom desempenho do setor de transporte para o crescimento econômico e a redução da pobreza é amplamente reconhecida. Há muitos estudos que avaliam as rodovias, aeroportos, ferrovias e portos, separadamente, mas não foi encontrado nenhum que faça uma análise em conjunto de todos os modos, dessa forma esse trabalho pretende preencher uma lacuna da literatura. O objetivo do presente trabalho é mensurar e analisar a eficiência dos sistemas de transportes do Brasil comparando-os com os países do BRICS, G8 e América do Sul. Por meio da Análise Envoltória de Dados, considerando variáveis operacionais (das rodovias, aeroportos, ferrovias e portos), PIB (Produto Interno Bruto) e IDH (Índice de Desenvolvimento Humano). Dessa maneira, com a ferramenta DEA (Análise Envoltória de Dados), foi possível observar que o Brasil possui a pior eficiência relativa se comparado aos países do G8 e a América do Sul, além de uma eficiência mediana no grupo dos BRICS.

ABSTRACT

The economic development of a country depends directly on the efficiency of its transport system. The importance of the good performance of the transport system for economic growth and poverty reduction is widely recognized. Many studies apply Data Envelopment Analysis (DEA) in highway, airports, railway, singly. However, none of them does a joint analysis of all modes, so this paper intends to fill a gap in the literature. The objective of the present work is to measure and analyze the efficiency of Brazil's transport systems, comparing them with the BRICS, G8 and South America countries. By means of DEA, considering operational variables (airport, railway, highway and harbor), GDP (Gross Domestic Product) and HDI (Human Development Index), as result it was possible to observe that Brazil has the worst relative efficiency when compared to the G8 countries and South America, in addition has a medium efficiency in the BRICS group.

1. INTRODUÇÃO

As infraestruturas de transporte têm uma grande importância para a promoção do desenvolvimento econômico de um país, pois é através da movimentação de pessoas e de mercadorias que se movimenta a economia. Sendo assim, o desenvolvimento econômico de um país depende diretamente da eficiência do seu sistema de transportes. Diante disso, muitos estudos científicos vêm se preocupando com a eficiência do sistema de transportes.

Enquanto país emergente, o desenvolvimento do Brasil se comporta de maneira acelerada, porém ainda insustentável, principalmente no que tange a matriz de transportes nacional. Todavia, qualquer país desenvolvido detentor de um sistema de transporte consolidado já foi um país emergente e conseqüentemente implantou políticas e planos de investimentos destinados a diversificar os modelos de transporte e garantir um uso sustentável de energia e capital (REPLOGIE, 1991).

Para Spector, Sjostedt e Zartman (1994) a cooperação entre os países é uma tendência dentro das diversas formas de governo. Tal tendência indica que o Brasil tem condições para desenvolver o sistema de transporte nacional apoiando-se em países com modelos já consolidados, de modo a atender eficientemente o mercado atual e futuro do país.

No tocante a lacuna do trabalho, Jiang, Liu e Lv (2017), por exemplo, utilizaram o DEA para avaliar a eficiência das rodovias, eles escolheram como input as variáveis: total de investimento, quantidade de equipamentos, extensão das vias, empregados; e como output

movimentação de carga e de passageiros. Ao final do trabalho, eles sugerem que analisem a eficiência dos modos de transportes, ferroviário, aeroviário e aquaviário.

Avaliar o sistema de transporte do Brasil baseando-se em modelos internacionais eficientes permite que o país tenha uma visão otimizada do planejamento e destinação de recursos, direcionando e definindo características de sucesso econômico (SCHAWB,2018). Dessa maneira, por meio da análise da eficiência de um sistema utilizando a Análise Envoltória de Dados, cada variável pode ser avaliada com maior profundidade, tornando o aprimoramento do sistema de transporte nacional muito mais tangível e realista, de tal forma que as variáveis que melhorariam esses sistemas serão destacadas na pesquisa.

A análise de eficiência é crucial para a condução de um planejamento mais adequado ao desenvolvimento dos sistemas de transportes, principalmente se tratando do aproveitamento ótimo dos recursos disponíveis. Essa análise será possível por meio de um ponto de referência, em que, neste trabalho, serão os sistemas de outros países. Desta forma, será possível compará-los e determinar como o Brasil está neste cenário e o quanto se pode melhorar.

A importância da análise do Brasil em comparação com o G8 se dá pelo fato de que os países do grupo se encontram em um nível de desenvolvimento elevado e que se esperam um alto nível de eficiência no sistema de transporte. Com relação ao BRICS, a análise nos leva à um cenário de países muito mais próximas da realidade brasileira, em desenvolvimento com um potencial de crescimento considerável. Quanto à América do Sul, a análise tem o foco de substanciar a influência territorial e regional na economia e na disposição de sistemas de transportes.

Nesta linha este trabalho tem como objetivo mensurar e analisar a eficiência dos sistemas de transportes do Brasil comparando-os com os países do BRICS, G8 e América do Sul. Por meio da Análise Envoltória de Dados, considerando variáveis operacionais. O estudo utilizará como método de investigação a Análise Envoltória de Dados (DEA) e está dividido em um item de revisão da literatura, outro de análise de dados e modelagem, finalizando a pesquisa com conclusão, limitações e recomendações.

2. DEA APLICADO AOS SISTEMA DE TRANSPORTES

Guerreiro et. al (2006) analisou a eficiência de cinco empresas do comércio eletrônico no Brasil. Considerando os dados atualizados, temos o número de empregado da empresa como input e o crescimento em vendas como output. Após análises, concluiu que somente duas das empresas eram eficientes, indicando que 60% das empresas analisadas não estão convertendo o trabalho da mão de obra em resultados de crescimento.

Jiang, Liu e Lv (2017) analisaram dez anos de dados de um sistema rodoviário local nos Estados Unidos. Os mesmos consideraram o número de equipamentos, número de funcionários e quantidade de bens transportados como inputs; e número de passageiros transportados, número de passageiros vezes a distância percorrida e quantidade de bens transportados vezes a distância percorrida como outputs. O trabalho concluiu que no universo de dez anos analisados, somente três anos haviam atingido a eficiência objetivada, comprovando que há a possibilidade de analisar a taxa de utilização de uma série de dados massiva e que pode ser replicada para outros modais de transporte.

Castro, Falcão e Camioto (2017) analisaram a eficiência de vinte e um aeroportos no Brasil. Número de balcões de check-in, área do pátio, área de embarques, número de vagas no estacionamento, área de restituição de bagagem e comprimento do meio-fio foram os inputs do trabalho. Como output, foi utilizado a movimentação de passageiros em voos domésticos. Após o tratamento dos dados, 52% dos aeroportos apresentaram eficiência maior que 90%.

Santos, Morais Neto e Ferreira (2007), analisaram trinta e uma empresas de transporte rodoviário interestadual. Foi considerado número total de veículos, número de motoristas, distância percorrida e idade média da frota como inputs e como outputs: número de passageiros por km transportados e número de passageiros transportados. Somente quatro empresas se apresentaram como eficientes.

Chang et al (2013) analisou trinta províncias da China com relação a conversão de recursos humanos e monetários em renda e eficiência energética. Desse modo, utilizou como inputs a quantidade de mão de obra empregada e o capital fixo investido; e como outputs o PIB e a emissão de CO₂. Foi concluído que a maioria das províncias apresentavam eficiência abaixo de 50% do esperado.

Machado (2018) analisou a eficiência do transporte público coletivo de Uberaba, contemplado por 40 linhas, pertencentes a duas empresas concessionárias. Os dados foram concedidos pelos órgãos públicos do município e foram divididos em: Frota e Quantidade de quilômetros percorridos por ônibus (inputs); Número de passageiros transportados e Receita arrecadada em reais (outputs). O autor concluiu que sete das linhas alcançaram eficiência, 17,5% do total.

Os trabalhos relativos a transporte foram resumidos na Tabela 1, recomenda-se consultar Coelli et al. (2003) e Merkert et al. (2012) bem como suas referências para aprofundar os estudos.

Tabela 1: Resumo de estudos de produtividade e eficiência em transportes.

Autores	Modo	Aplicação
Campos, Estache e Trujillo (2001)	Ferroviário	Regulação de ferrovias argentinas um estudo de processos, informações e divergências em contabilidades.
Coelli e Perelman (2000)	Ferroviário	Estudo da eficiência técnica de ferrovias europeias por meio de funções de distância.
Cowie e Riddington (1996)	Ferroviário	Estudo quantitativo da eficiência de ferrovias europeias.
Dodgson (1994)	Ferroviário	Estudo das privatizações de ferrovias.
Coto, Bãnos e Rodriguez (2000)	Portuário	Estudos da eficiência econômica de portos espanhóis.
Cullinane e Khanna (1998)	Portuário	Estudo das economias de escala em embarcações de grandes contêineres.
Estache, Gonzalez e Trujillo (2001)	Portuário	Estudo de consequências no México das reformas em porto relativo a ganhos de eficiência.
Tongzon (2001)	Portuário	Mensuração da eficiência de vários portos com DEA.
Barros e Dieke (2007).	Aeroportos	Desempenho dos aeroportos italianos usando a DEA
Chow, Kong, e Fung (2009).	Aeroportos	Eficiência dos aeroportos chineses usando análise de função de distância de entrada estocástica multi-saída.
Curi, Gitto e Mancuso (2010).	Aeroportos	Impactos das ações do governo italiano na eficiência de 36 aeroportos entre 2001 e 2003.
Fung, Wan, Hui, e Law (2008).	Aeroportos	Estudo dos padrões de mudanças de produtividade em 25 aeroportos regionais na China durante o período de 1995-2004.
Gitto, e Mancuso (2012).	Aeroportos	Avaliar o impacto das reformas regulatórias sobre a eficiência técnica de 28 aeroportos italianos entre 2000 e 2006.
Kocak, (2011).	Aeroportos	40 aeroportos da Turquia foram examinados com o objetivo medir as atividades do ano de 2008.
Lam, Low, e Tang, (2009).	Aeroportos	Eficiência operacional nos principais aeroportos da região Ásia-Pacífico.

Fonte: Adaptado de Coelli et al. (2003) e Merkert et al. (2012).

A partir da Tabela 1 percebe-se que Coelli et al. (2003) e Merket et al. (2012) não encontraram estudos que façam uma análise da eficiência ambiental e operacional, simultaneamente, dos sistemas de transportes considerando a infraestrutura dos principais modos, em geral são escolhidos um modo para ser analisado. Ressalta-se que as funções de transporte e logística permitem o comércio em escala global. A importância do bom desempenho do setor de transporte para o crescimento econômico e a redução da pobreza é amplamente reconhecida.

Portanto, torna-se apropriado analisar a eficiência dos sistemas de transporte do Brasil comparando com diferentes economias do mundo para identificar melhores práticas. Além disso, a presente pesquisa pretende contribuir para a literatura científica sobre o tema, uma vez que possibilitará a análise de aspectos operacionais, de forma conjunta, considerando os diferentes modos de transporte. Esse tipo de análise agregada carece de estudos para o Brasil, bem como de estudos comparativos considerando diversos países.

3. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES BRASILEIRO

Primeiramente, foram estabelecidos os critérios macro para avaliação do sistema de transportes, baseando principalmente na infraestrutura nacional de cada país, de forma a abranger o maior número de meios de transporte possível. Dessa maneira, foram escolhidos os seguintes inputs: Quantidade de aeródromos, Quantidade de portos, Quilômetros de Rodovias, Quilômetros de Ferrovias e População, haja visto que o último também é um critério muito importante na influência sobre a utilização dos modos de transporte.

No que diz respeito aos outputs, foram estabelecidos o principal indicador quantitativo da economia de um país e o também o indicador que atrela a economia a alguns aspectos sociais de um país (SIEDENBERG, 2003) assegurando o direcionamento correto para a análise de eficiência brasileira. Desse modo, os outputs são: Produto Interno Bruto (PIB), Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

A Tabela 2 traz um resumo das variáveis envolvidas no trabalho, sua definição, a fonte e o ano de coleta.

Tabela 2: Variáveis utilizadas e Fonte

Variável	Definição	Fonte	Ano de coleta
População	Número total de habitantes do país	The World Factbook (CIA)	2017
Aeródromos (nº)	Número total de aeródromos do país	The World Factbook (CIA)	2013
Rodovias (km)	Somatório da quilometragem de rodovias do país	The World Factbook (CIA)	2017
Ferrovias (km)	Somatório da quilometragem de ferrovias do país	The World Factbook (CIA)	2014
PIB (bilhões \$)	Somatório de todo capital produzido no país durante o ano (Produto Interno Bruto)	The World Factbook (CIA)	2017
IDH	Medida comparativa de Desenvolvimento Humano (Índice de Desenvolvimento Humano)	PNUD (ONU)	2015

Fonte: Dos autores, 2018.

A coleta de dados foi realizada de forma mais atualizada possível, uma vez que a limitação de dados a nível mundial não permitiu encontrar dados de todas as variáveis para o ano de 2017. Todavia, todos os dados de uma mesma categoria se encontram no mesmo ano, o que

possibilita a análise com uma correlação melhor dentro de cada variável. Uma vez que a formulação escolhida do método BCC é orientada a outputs, intencionada a maximizar os indicadores econômicos e sociais por meio da otimização do sistema de transporte, o software SIAD se encaixa muito bem na sua resolução, sob domínio da Universidade Federal Fluminense (UFF) para o processamento de dados.

4. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A técnica denominada Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA) foi proposta inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e por Banker, Charnes e Cooper (1984). Trata-se de um modelo de programação linear, não paramétrico, capaz de medir a eficiência relativa de cada Unidade Tomadora de Decisão (DMU) de um conjunto analisado, por meio da construção de uma fronteira de eficiência. Dessa forma, a DMU é a unidade pertencente ao conjunto no qual será avaliada a eficiência produtiva. No caso do presente estudo, cada sistema de transportes selecionado para determinação da eficiência irá compor uma Unidade Tomadora de Decisão. A vantagem desta técnica é a consideração, simultânea, de entradas e saídas múltiplas, que caracterizam determinado processo produtivo de uma DMU (CAMIOTO, 2013; MARIANO, 2008). Além disso, essa técnica possibilita a análise da eficiência dos sistemas de transportes, por meio da construção de uma fronteira de eficiência.

A eficiência pode ser definida como a razão entre os produtos (outputs), e os máximos produtos que poderiam ser gerados, dados os insumos (inputs) considerados (AZAMBUJA, 2002). Desta forma, tem-se que a eficiência produtiva está relacionada a capacidade que um sistema produtivo possui de gerar tantos produtos quanto for possível utilizando-se os recursos disponíveis.

A metodologia utilizada pela DEA mede a eficiência de uma unidade por vez e compara o desempenho relativo das demais DMUs com aquelas localizadas sobre a fronteira, estabelecendo assim, quais possuem um desempenho eficiente e quais precisam modificar seus inputs e/ou outputs para atingirem a fronteira. Sendo assim, a técnica não fornece uma eficiência absoluta, apenas relativa às unidades presentes no conjunto de análise (FALCÃO E CORREIA, 2012).

A técnica DEA pode apresentar diferentes modelo para avaliação da eficiência é necessário escolher aquele que representa melhor a eficiência do sistema produtivo a ser analisado (Castro, Falcão e Camioto, 2016).

O modelo BCC determina uma fronteira de eficiência considerando Retornos Variáveis de Escala (Variable Returns to Scale – VRS). Sendo assim, o modelo BCC compara as Unidades Tomadoras de Decisão que operam em escala semelhante (CAMIOTO, 2013; MARIANO, 2008).

Os modelos CCR e BCC foram os pilares para o desenvolvimento de novas metodologias, como o modelo SBM (Slacks-Based Measure), o qual tem como principal característica a incorporação de folgas intrínsecas de cada DMU, orientando-se simultaneamente a inputs e outputs, em busca do caminho ótimo de eficiência. O modelo, criado por Tone (2001), é indicado para casos em que as DMUs possuem tamanhos diferentes, de forma a analisar a eficiência das mesmas dentro de um ambiente com ganhos de escala, o que os modelos anteriores teriam dificuldade de calcular (BRANCO, 2016).

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Inicialmente, foram pesquisados os tópicos pertinentes relacionados ao assunto, bem como garantir o embasamento teórico necessário para validar o estudo e a relevância do projeto. Quanto à escolha de variáveis para o processamento, os outputs PIB e IDH são os comumente utilizados nas pesquisas para análises nacionais, e a escolha de inputs se fez de maneira a confluir os dados relacionados à infraestrutura de transportes no reflexo do desenvolvimento dos países.

Tabela 3: Dados de *inputs* dos países do G8, BRICS e América do Sul

Países	<i>Inputs</i>				
	População (nº)	Aeródromos (nº)	Portos (nº)	Rodovias (Km)	Ferrovias (Km)
Brasil	207.353.392	4.093	13	1.580.964	29.850
Rússia	142.257.520	1.218	34	1.283.387	87.157
Índia	1.281.935.872	346	7	4.699.024	68.525
China	1.379.302.784	507	8	4.577.300	124.000
África do Sul	54.841.552	566	7	747.014	20.986
Reino Unido	64.769.452	460	23	394.428	16.837
Estados Unidos	326.625.792	13.513	22	6.586.610	293.564
Alemanha	80.594.016	539	17	645.000	43.468
França	67.106.160	464	6	1.028.446	29.640
Itália	62.137.800	129	9	487.700	20.188
Canadá	35.623.680	1.467	18	1.042.300	77.932
Japão	126.451.400	175	21	1.218.772	27.311
Argentina	44.293.292	1.138	11	231.734	36.917
Chile	17.789.268	481	11	77.764	7.282
Venezuela	31.304.106	444	13	96.189	447
Uruguai	3.360.148	133	9	77.732	1.673
Paraguai	6.943.739	799	4	32.059	30
Peru	31.036.656	191	12	140.672	1.854
Bolívia	11.138.234	855	1	90.568	3.504
Colômbia	47.698.524	836	10	204.855	2.141
Equador	16.290.913	432	6	43.670	965
Guiana	737.718	117	5	7.970	0
Suriname	591.919	55	6	4.304	0

Fonte: Dos autores, 2018. Dados: PNUD; World Bank; CIA.

Para os inputs e outputs descritos anteriormente, foram coletados os dados relativos ao Brasil e, para análise, serão considerados os dados dos países do G8, BRICS e América do Sul, grupo dos oito países mais desenvolvidos e industrializados do planeta, grupo dos principais países emergentes do mundo e região continental onde o Brasil se encontra, respectivamente. Os dados de inputs e outputs estão dispostos no Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 4: Dados de *outputs* dos países do G8 e Brasil

Países	Outputs	
	PIB (bilhões \$)	IDH
Brasil	3.219	0,755
Rússia	4.000	0,798
Índia	9.447	0,609
China	23.120	0,727
África do Sul	757	0,666
Reino Unido	2.880	0,907
Estados Unidos	19.360	0,915
Alemanha	4.150	0,916
França	2.826	0,888
Itália	2.307	0,873
Canadá	1.764	0,913
Japão	5.405	0,891
Argentina	912	0,836
Chile	452	0,832
Venezuela	389	0,762
Uruguai	78	0,793
Paraguai	68	0,679
Peru	425	0,734
Bolívia	84	0,662
Colômbia	713	0,72
Equador	189	0,732
Guiana	6	0,636
Suriname	8	0,714

Fonte: Dos autores, 2018. Dados: PNUD; CIA.

O cenário analisado leva em consideração dados, em sua maioria, de 2015 a 2017, com algumas exceções em que a última atualização do dado para o país se situa entre 2013 e 2014 (quantidade de aeródromos e quilometragem de rodovias, respectivamente), a fim de garantir que os dados sejam os mais próximos possíveis da realidade atual vivenciada pelos países em análise.

Quanto à discussão de outputs mais diretamente relacionados ao sistema de transportes, como, por exemplo, a movimentação de passageiros e a movimentação de cargas, foi observado que um mesmo país pode ter um foco maior em determinado tipo de modal e que o conjunto dos outros modais poderia não refletir a real eficiência do mesmo, assim como a disposição de dados razoavelmente distinta poder refletir em uma análise não condizente com o cenário atual. Partindo desse princípio, a escolha dos outputs se deu de maneira mais ampla e atualizada possível, de tal forma que o real reflexo no sistema de transporte pudesse demonstrar como o sistema analisado pode confluir em determinadas eficiências.

De posse dos dados acima, conforme salientado anteriormente, foi escolhida a orientação do modelo para outputs, uma vez que o cenário a ser demonstrado é a da influência da eficiência de um sistema de transporte em resultados mais significativos no que diz respeito a indicadores econômicos e sociais, com foco principal na infraestrutura disponível e capacidade de atender a população dos países em questão.

Dado a linearidade do modelo CCR e a não linearidade dos dados e sistema analisados, o modelo BCC foi o que mais se apresentou coerente com os dados em questão e que,

considerando pesquisas correlatas (Tabela 1), mais se fazia presente em trabalhos focados na avaliação de eficiência de cenários semelhantes.

Tabela 5: Eficiências calculadas pelo modelo BCC orientado à *outputs*

Países	Eficiência
China	1
UK	1
EUA	1
Alemanha	1
França	1
Itália	1
Canadá	1
Japão	1
Chile	1
Venezuela	1
Uruguai	1
Paraguai	1
Bolívia	1
Colômbia	1
Equador	1
Guiana	1
Suriname	1
Argentina	0,983729
Peru	0,981772
Rússia	0,871207
Brasil	0,845176
Índia	0,808929
ÁfricaDoSul	0,775133

Fonte: Dos autores, 2018.

Fazendo, portanto, a análise de eficiência por meio do modelo BCC, podemos observar o nível de eficiência de acordo com o Tabela 5. Considerando a análise somente dos países do BRICS, tem-se a disposição de eficiências do Quadro 6. Nota-se que, para os BRICS, as classes de desempenho se encontram mais abrangentes, de tal maneira que as eficiências dos sistemas de transportes encontram-se em uma amplitude de quase 25%. O que indica que esses países, com exceção da China, apresentam gargalos no que diz respeito ao sistema de transportes e que, de fato, os investimentos nessa área podem ser os grandes responsáveis para tornar os países em potências econômicas, ou pelo menos tão eficientes quanto o país chinês.

Tabela 6: Eficiências calculadas para os países do BRICS

Países	Eficiência
China	1
Rússia	0,871207
Brasil	0,845176
Índia	0,808929
África do Sul	0,775133

Fonte: Dos autores, 2018.

De fato, a China é um destaque nesse grupo, cuja eficiência se encontra no valor máximo (igual a 1), indicando que o país tem um sistema de transporte eficiente dentro do grupo no que diz respeito a oferecer a população condições sociais aliadas à alta receita gerada pelo país. Já para a Índia, a conclusão não se faz verdadeira, uma vez que mesmo com os inputs semelhantes, com pequenas disparidades para aeródromos e ferrovias, o PIB e o IDH se encontram bem inferior ao do país dos chineses.

No que diz respeito ao Brasil, o mesmo se encontra na mediana da eficiência dos países do BRICS, atrás apenas de Rússia e China, o que pode fazer alusão ao cenário que o próprio país se encontra a nível mundial, o qual vinha de um crescimento acelerado do PIB nos primeiros dez anos do milênio, sem maiores problemas com a crise mundial de 2008, e que passou a esboçar um cenário de tremenda instabilidade política e viu seu crescimento desacelerar (THE ECONOMIST, 2013). A Tabela 7 serve como base para a análise dos países do G8.

Tabela 7: Eficiências calculadas para os países do G8 + Brasil

Países	Eficiência
Reino Unido	1
Estados Unidos	1
Alemanha	1
França	1
Itália	1
Canadá	1
Japão	1
Rússia	0,871207
Brasil	0,845176

Fonte: Dos autores, 2018.

Conforme disposto na Tabela 6, pode-se observar que a maioria dos países se encontra no nível de eficiência máxima, diferentemente dos países do BRICS, o que condiz completamente com a realidade e confirmar a hipótese apresentada anteriormente, haja visto que o grupo G8 foi criado para representar as maiores potências mundiais, responsáveis por, além de todo desenvolvimento, garantir um nível de atendimento elevado no que diz respeito aos seus respectivos sistemas de transporte nacional. Diante dessa análise, é possível observar que a Rússia é o único país do G8 que não possui eficiência igual a 1 e também único país do G8 que também faz parte dos BRICS, tal correlação demonstra que o país se encontra no caminho para chegar ao desenvolvimento e que o sistema de transportes pode ser a chave para alcançar a eficiência desejada.

No que diz respeito à comparação entre o Brasil e o G8, pode-se observar que de fato o país se encontra na pior eficiência relativa, ressaltando que há ainda uma grande lacuna a ser preenchida no sistema de transportes e que esse fator é completamente correlato ao posicionamento no ranking global de desenvolvimento. No Tabela 8 os países da América do Sul são referendados.

Tabela 8: Eficiências calculadas para os países da América do Sul

Países	Eficiência
Chile	1
Venezuela	1
Uruguai	1
Paraguai	1
Bolívia	1
Colômbia	1
Equador	1
Guiana	1
Suriname	1
Argentina	0,983729
Peru	0,981772
Brasil	0,845176

Fonte: Dos autores, 2018.

Com relação à América do Sul, com exceção do Brasil, todos os países apresentaram eficiência acima de 90%, o que é surpreendente em relação ao que se era esperado, uma vez que o Brasil é o país que apresenta o maior PIB da região e um IDH mediano, ou seja, um país acima da média para esses países. Todavia, há duas inferências que merecem destaque para a análise desses dados: a primeira é que o Brasil, sendo o país menos eficiente na América do Sul, é o país que menos consegue utilizar sua infraestrutura na geração de renda e desenvolvimento humano, ressaltando a possibilidade do sistema de transporte nacional poder trazer mais resultados. Em um segundo momento, os dados de inputs são todos quantitativos, não avaliando a qualidade do sistema de transporte disposto em cada país, o que, aliado com o primeiro ponto, pode inferir que o momento do país está na expansão e na melhoria da qualidade das infraestruturas existentes no país, uma vez que um primeiro passo para um país colossal foi dado: assegurar disponibilidade de modais de transporte pelo país.

De modo geral, os resultados de eficiência são significativos principalmente para o Brasil, uma vez que, conforme comentado anteriormente, o país apresenta uma concentração de movimentação no sistema rodoviário, elevando custos e ineficiência energética para longas distâncias, necessitando então olhar para a pluralidade de possibilidades de transporte mais delicadamente, uma vez que desde 2010 o país tem seu maior investimento de capital no modo supracitado (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE TRANSPORTES, 2018).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, o sistema logístico tem grande impacto sobre a economia de um país, de tal forma que o seu estudo e aprimoramento impactem positivamente no desenvolvimento de um país. Desse modo, determinar a eficiência do sistema de transportes brasileiro e compará-lo com os modelos internacionais faz-se necessário para que se possam identificar as principais diferenças entre os mesmos.

No Brasil, melhorar a eficiência no sistema de transportes nacional pode ser um dos caminhos para o desenvolvimento econômico do país, principalmente no que diz respeito à compatibilização dos modais com o perfil de produção nacional, visando sempre alcançar a eficiência máxima, ou seja, a fronteira de eficiência.

Nesse trabalho, foram analisados 23 países pertencentes a três grupos de análises principais: o G8, os BRICS e a América do Sul, visando conciliar análises macroeconômicas, sociais e regionais. O método de Análise Envoltória de Dados foi utilizado para explicar

numericamente a situação atual do Brasil quando comparado quando diversos outros países do mundo.

As análises de eficiência por meio do método BCC se mostraram condizentes quando comparados Brasil e os grupos G8 e BRICS, uma vez que os resultados apontarem para um direcionamento maior nos investimentos em infraestrutura de transportes, objetivando o desenvolvimento do país. Quanto à comparação com a América do Sul, ficou evidente que o país tem grandes desafios no que diz respeito a utilizar seus recursos logísticos de maneira eficiente, haja visto o pior resultado do grupo.

Outro ponto de destaque nesse trabalho foi a dificuldade de se encontrar os dados anuais mais atualizados (2017), podendo refletir em divergências da realidade em que os países se encontram atualmente. Todavia, é importante ressaltar que todos os dados de uma mesma variável se encontram no mesmo ano, o que garante que o cenário relativo aquela variável se torne comparável entre as DMUs.

Ainda assim, o uso do DEA possibilitou uma análise mais específica e mensurável da eficiência procurada, fazendo com que a otimização do sistema seja direcionada corretamente para as entradas com maior problematização.

Por fim, é interessante mencionar a possibilidade de continuação do trabalho, principalmente no que diz respeito a entender e explanar sobre a quantidade de eficiências máximas, o que pode ser realizado pelo próprio software SIAD, além da busca por analisar dados os mais atualizados possíveis para todas variáveis ao mesmo tempo, refletindo assim a realidade mais idêntica à atual.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro importante para a elaboração e divulgação desse projeto. E também à UFTM – Universidade Federal do Triângulo Mineiro pela infraestrutura para o desenvolvimento do mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE TRANSPORTES. Assessoria de Comunicação – Secretaria de Transportes, Portos e Aviação Civil, 2018. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/anu%C3%A1rio_estatistico.html>. Acesso em: 18 Dez. 2018.
- AZAMBUJA, A. M. V. Análise de Eficiência na Gestão do Transporte Urbano por Ônibus em Municípios Brasileiros. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). (2002). 410f. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.
- BANKER, R.D., CHARNES, A., COOPER, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, p. 1078-1092.
- BRANCO, Adriel Martins de Freitas. Eficiência do sistema bancário brasileiro em 2014: uma análise DEA – SBM. Tese de Doutorado. Ribeirão Preto, 2016. 93 f.: il.; 30 cm.
- CAMIOTO, F. C. Consumo energético nos setores industriais brasileiros – Uma avaliação de desempenho e estratégias para redução da emissão de CO₂. (2013). 249f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2013.
- CASTRO, E. L.; FALCÃO, V. A.; CAMIOTO, F. de C. Eficiência operacional dos principais aeroportos brasileiros entre 2010 e 2016 utilizando análise envoltória de dados. Uberaba, 2018. 14 p.
- Central Intelligence Agency (CIA). THE WORLD FACTBOOK, 2017. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/>>. Acesso em 24 Out. 2018.
- CHANG, Y.-T.; ZHANG, N.; DANAÓ, D.; ZHANG, N. Environmental efficiency analysis of transportation system in China: A non-radial DEA approach / *Energy Policy* 58 (2013) 277–283.
- CHARNES, Abraham; COOPER, William W.; RHODES, Edwardo. Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

- COELLI, T.; ESTACHE, A.; PERELMAN, S.; TRUJILLO, L. (2003) A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators. Washington: The World Bank.
- FALCÃO, V. A. e CORREIA, A. R. (2012). Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. *Journal of Transport Literature* [online], v. 6, n.4, p.133-146. ISSN 2238-1031.
- GUERREIRO, Alexandra dos Santos. Análise da eficiência de empresas de comércio eletrônico usando técnicas da análise envoltória de dados. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Ed. da PUC, 2006.
- JIANG, Guang-Jun.; LIU, Lu.; LY, Hao-Dong. Transportation system evaluation model based on DEA. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, 2017.
- MACHADO, Ana Laura Bastos. Avaliação da eficiência do transporte público em Uberaba – MG utilizando Análise Envoltória de Dados (DEA). Uberaba, 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, 2018.
- MARIANO, E. B. Sistematização e Comparação de Técnicas, Modelos e Perspectivas não paramétricas de análise de Eficiência Produtiva. São Carlos, 2008. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.
- MERKERT, R., ODECK, J., BRATHEN, S.; PAGLIARI, R. (2012) A Review of Different Benchmarking Methods in the Context of Regional Airports, *Transport Reviews*, 32:3, 379-395, DOI: 10.1080/01441647.2012.662707
- REPLOGIE, Michael. Sustainability: A vital concept for transportation planning and development. *Journal of Advanced Transportation*, Washington, p. 3-18, 1991.
- SANTOS, Paulo Ferreira dos; MORAIS NETO, Gregório Coelho de; FERREIRA, Carlos Maurício de Carvalho. Aplicações da Análise Envoltória de Dados em Sistemas de Transporte Público de Passageiros. XXXIX SBPO. Fortaleza: 2007.
- SCHAWB, Klaus. The Global Competitiveness Report. World Economic Forum, Geneva, 2018. P. 5-6.
- SIEDENBERG, Dieter Rudgard. Indicadores de desenvolvimento socioeconômico: uma síntese. *Desenvolvimento em Questão*. Editora Unijui, Ijuí, 2003. P. 45-71.
- SPECTOR, B. I.; SJOSTEDT, G.; ZARTMAN, I. W. Negotiating International Regimes: lessons learned from the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED). 1. ed. Netherlands: Graham & Trotman/Martinus Nijhoff, 1994. 302 p.
- THE WORLD BANK GROUP, 2018. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/>>. Acesso em 24 Out. 2018.
- TOLEDO, F. S; FALCÃO, V. A.; CAMIOTO, F. C. Eficiência dos Principais Aeroportos Brasileiros usando Análise Envoltória De Dados – SBM. In: XV Simpósio de Transporte Aéreo. São Luís, MA, 2016.
- HAS BRAZIL BLOWN IT?: A stagnant economy, a bloated state and mass protests mean Dilma Rousseff must change course. United States: *The Economist*, 2013. Mensal.

Flávia de Castro Camioto (flaviacamioto@yahoo.com.br)
Matheus Pereira Camargo (mpccamargo@hotmail.com)
Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Francisco Gildemir Ferreira da Silva (gildemir@ufc.br)
Universidade Federal do Ceará – CAEN/UFC
Viviane Adriano Falcão (viviane.afalcao@ufpe.br)
Universidade Federal de Pernambuco
Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária. Recife – PE