

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE FATORES NOS PAÍSES DO BRICS A PARTIR DA APLICAÇÃO DA ANÁLISE POR ENVOLTÓRIA DE DADOS

*EFFICIENCY ANALYSIS OF FACTORS IN THE BRICS COUNTRIES FROM THE APPLICATION OF
DATA ENVELOPMENT ANALYSIS*

Roberta Teixeira Rocha^a, Daisy Aparecida Nascimento Rebelatto^b e Flávia de Castro Camioto^c

^a **Roberta Teixeira Rocha**

Graduanda em Engenharia de Produção Mecânica
Universidade de São Paulo - EESC USP

^b **Daisy Aparecida Nascimento Rebelatto**

Prof^a. Associada
Universidade de São Paulo - EESC USP

^c **Flávia de Castro Camioto**

Prof^a. Associada
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Palavras-chave:
BRICS, DEA, Eficiência,
Análise de Janela

Resumo O objetivo do presente trabalho é medir e analisar o gap de eficiência, com relação a capital, trabalho, energia, PIB e emissão de CO₂, nos países que compõem o BRICS, com a finalidade de verificar se os países desse bloco estão crescendo de maneira eficiente. Dessa forma, foi utilizada a ferramenta DEA (Análise Envoltória de Dados) que mediu a eficiência dos países em diminuir os inputs e aumentar os outputs considerando uma estrutura total de fatores, empregando, também, o método de análise de janela. O trabalho trouxe informações para ajudar no crescimento das novas potências, BRICS, de forma eficiente, identificando exemplos a serem seguidos por outros países.

Keywords:
BRICS, DEA, Efficient,
Window 's Analysis

Abstract *The objective of this study is to measure and analyze the efficiency gap with respect to capital, labor, energy, GDP and CO₂ emission in countries that make up the BRICS, in order to verify if the countries of this bloc are growing efficiently. Thus, we used the DEA tool (data envelopment analysis) that measured the efficiency of the countries to reduce inputs and increase outputs considering a total factor structure. We also used the window analysis method. The paper brought information to help in the growth of the new forces, BRICS, efficiently, identifying role models for other countries.*

1 INTRODUÇÃO

O trabalho tem como objetivo medir e analisar a eficiência quanto as variáveis trabalho, capital, energia, PIB e emissão de CO₂ considerando uma estrutura da análise de janelas, nos países que compõem o BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) propiciando informações sobre países *benchmark* dentro desse grupo e como o Brasil se encontra nesse cenário.

Isso se deve porque no início dos tempos, o homem sempre buscou inovações tecnológicas com a finalidade do benefício próprio. A princípio, as fontes de energia existentes eram utilizadas para a sua sobrevivência. Entretanto, o aumento da sua demanda fez com que novas fontes energéticas se tornassem necessárias (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Por volta do século XVIII, as máquinas surgiram para o aumento da produtividade das indústrias da época, visando diminuir o tempo de produção e aumentar o lucro. A partir daí, a Revolução Industrial ecoou gradativamente, impulsionando o desenvolvimento das principais potências econômicas atuais. Assim, a urbanização, atrelada à industrialização e ao desenvolvimento econômico fez com que as, até então, tradicionais fontes renováveis de energia dessem lugar aos potentes combustíveis fósseis (BILDIRICI, 2012). Desse modo,

o consumo de insumos cresceu exponencialmente e, em consequência, o desmatamento e a poluição.

O uso desenfreado de combustíveis fósseis pressiona as bases de recursos naturais do planeta (ROMEIRO, 2001), em destaque a significativa concentração atmosférica de dióxido de carbono (CO₂). A falta de fornecimento deste insumo em um país pode provocar muitas crises domésticas, desestabilizando uma nação que diz respeito à concorrência externa e aumentando seu nível de dependência energética (CAMIOTO; REBELATTO, 2015).

Dessa forma, a Organização das Nações Unidas (ONU) promoveu comissões e conferências como a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), a qual ficou conhecida como Comissão Brundtland, a fim de encontrar soluções para minimizar e sanar tais danos.

Araújo (2004) afirma que é preciso ter uma abordagem sistêmica em busca de um novo paradigma: o de intervir no meio ambiente, extraindo os recursos naturais necessários, mas preservando-o e, em escala evolutiva, recuperando-o.

Considerando que as crescentes preocupações sobre as consequências da emissão de gases do efeito estufa sobre o aquecimento global pressionam as grandes economias mundiais a implementar medidas de eficiência energética, cabe ao homem estudar formas de reduzir a necessidade de

consumo de energia, de modo a evitar o desperdício energético e a poluição, contribuindo para que haja desenvolvimento com sustentabilidade (NARAYAN et al., 2007).

Nesse contexto, destaca-se a influência dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) nesse cenário, já que, segundo Greening et al. (2000), no longo prazo, esses países substituirão as tradicionais potências econômicas.

Juntos, os BRICS somam 42% da população mundial e um quinto da economia do planeta. Além disso, estudos da Goldman Sachs apostam que o G4 (Brasil, Rússia, China e Índia) ultrapassará, conjuntamente, o PIB do atual G7 em 2035, sendo que a China ultrapassará a todos, individualmente, até 2040 (ALMEIDA, 2009). Além da sua importância econômica, o grupo terá grande influência na política mundial. De acordo com Amorim (2010), os BRICS são detentores de expressiva extensão territorial, de recursos naturais e energéticos em diversidade e quantidade consideráveis, grande desenvolvimento tecnológico e acelerado crescimento econômico. Surge, portanto, uma preocupação em relação ao modo como se desenvolverão, já que, segundo Meadows et al (1972), caso esses países consumam o mesmo nível de recursos que as atuais potências econômicas, o planeta alcançaria uma situação catastrófica.

Segundo May (2008), as emissões anuais de CO₂ do BRICS representam aproximadamente dois terços da média global. Apesar dos BRICS não terem assinado o Protocolo de Kyoto, a promessa de redução da emissão de poluentes tem sido uma constante. Além disso, China, Rússia, Índia e Brasil já encontraram- entre os *top 10* dos principais emissores de CO₂ (PAO; TSAI, 2010). Dessa forma, é preciso conter esse tipo de crescimento acelerado.

No contexto de desenvolvimento econômico, atualmente, os países do BRICS negociaram a criação de um fundo emergencial. O banco dos BRICS financeira, principalmente, obras de infraestrutura e desenvolvimento sustentável, como estradas, portos, aeroportos e ferrovias, que o Brasil tanto precisa (JORNAL NACIONAL, 2013). É válido acrescentar que o grupo responde por pelo menos 6% do total de ajuda oficial prestada no mundo, direcionadas, principalmente, aos países que apresentam baixa renda (BBC, 2012).

Logo, a escolha de analisar os países do BRICS nesse trabalho justifica-se por ser uma aliança que abrange os quatro continentes e é formada por

países emergentes, com ações que já ultrapassam a pura diplomacia; além dos aspectos econômicos que envolvem estes países que devem ser considerados. Como mencionado, o BRICS vêm apresentando um rápido desenvolvimento econômico e desempenhando um importante papel na economia mundial. Consequentemente, já é possível citar ações que buscam fortalecer este bloco, como: o acordo de cooperação entre as bolsas de valores desses países; o acordo do fundo comum, no valor de US\$100 bilhões; além do projeto de criação do Banco dos BRICS em 2014 (TRAVAGLINI et al., 2013).

Portanto, evidencia-se a importância de avaliar a eficiência quanto ao desenvolvimento desses países e estimar o potencial dessas futuras potências econômicas, conhecidas como BRICS.

Desenvolvimento Sustentável

De acordo com Gürlük (2009), a teoria moderna do crescimento (teoria do crescimento endógeno) considerava como força de crescimento, tanto o desenvolvimento econômico e o progresso tecnológico, quanto os recursos naturais. Portanto, o nível de desenvolvimento de um país pode ser revelado por meio do desenvolvimento sustentável.

O Sachs (2004) reconheceu que em meados de 1970, a preocupação com a questão ambiental tornou-se determinante para uma nova definição do termo desenvolvimento.

O termo desenvolvimento sustentável foi debatido, primeiramente, pela *World Conservation Union*, na qual foi intitulado o documento *World's conservation strategy*. Neste documento consta que “para que o desenvolvimento seja sustentável devem-se considerar aspectos referentes às dimensões social e ecológica, bem como fatores econômicos, dos recursos vivos e não vivos e as vantagens de curto e longo prazos de ações alternativas (BELLEN, 2006, p.23).

Assim, a definição de desenvolvimento sustentável é encontrada no relatório Brundtland com o foco desse conceito baseado na integridade ambiental e na busca do equilíbrio entre as dimensões econômicas, ambiental e social. Assim, é a modalidade do conceito que procura a satisfação das necessidades atuais, sem comprometer o ambiente e as gerações futuras.

De acordo com Berantan et al. (2004) outras definições de sustentabilidade têm sido publicadas, cada uma com suas nuances próprias. Entretanto, todas defendem a consistência e a simultaneidade da integração do desenvolvimento humano com o meio ambiente.

Já Sachs (2004), por sua vez, considerou que somente as atividades que levassem em consideração a variabilidade econômica e a sustentabilidade socioambiental mereciam a designação de desenvolvimento.

São de suma importância que sejam apresentados alguns eventos que foram significativos para a solidificação da ideia de desenvolvimento sustentável no cenário global, tais como, Eco-92, Rio+10 e a mais recente Rio+20. Nesta última, foi discutida a economia verde, ou seja, a adoção de um novo sistema produtivo, baseado na diminuição dos poluentes, na eficiência do uso dos recursos e na erradicação da pobreza (FOLHA DE SÃO PAULO, 2012).

BRICS

A sigla BRICS refere-se aos países Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (South África), sendo este último anexado em 2010. O termo é um acrônimo com as iniciais dos nomes, criado por Jim O'Neill em 2001, economista-chefe de pesquisas do banco de investimentos Goldman Sachs, em que "bric" significa tijolo em inglês.

No entanto, apenas no ano de 2003, que a sigla BRIC foi difundida, quando a mesma fez parte de uma avaliação da perspectiva do crescimento econômico dos países pertencentes a este bloco e da sua população, sendo este relatório publicado pelo banco Goldman Sachs e intitulado "Dreaming with BRICs: The path to 2050". Baseados em indicadores como o acúmulo de capital, crescimento da produtividade e projeção do PIB, a previsão revela que até 2050, o novo G5 superará as potências atuais G6 (Estados Unidos, Japão, Alemanha, Reino Unido, França e Itália) em termos de tamanho de economia.

Amorim (2010) afirmou que a consolidação do conceito BRIC só ocorreu porque nos anos seguintes à divulgação do relatório de 2003, observou-se um significativo crescimento econômico dos países do grupo BRIC, superior ao que tinha sido projetado inicialmente, incentivando o banco Goldman Sachs

a elaborar mais um relatório, intitulado "BRICs and Beyond". Nas considerações presentes nesse relatório, O'Neill (2007) apresentou algumas previsões atualizadas para os países do BRIC, reconhecendo que o crescimento econômico desses países se mostrou mais acelerado do que estava previsto inicialmente.

Para Dolgikh e Kokin (2009), a importância econômica do BRIC está crescendo, como também tem crescido o papel desse grupo na política mundial, na geopolítica das suas regiões e em todo mundo. Com isso, ainda segundo estes autores, constata-se que os países do BRIC possuem as economias mais importantes, em termos geopolíticos, dentre os países com rápido desenvolvimento.

Segundo Wilson et al. (2005), o poder econômico do BRICS tem se tornado mais óbvio e tende a aumentar ainda mais, no âmbito internacional. Primeiramente, porque sua participação na economia global está incrementando a taxa média de crescimento dos negócios internacionais. O segundo fator está relacionado ao aumento do tamanho e da renda média da população desses países. Assim, a previsão é que até 2020, a participação do BRICS nos mercados globais de capital deve chegar a 17%.

No levantamento de dados feito por Yao et al. (2009), Brasil, Rússia, Índia e China respondem, coletivamente, por 28,9% da área terrestre do globo e por 43,2% da população mundial. Nesse sentido, Amorim (2010) alertou para o fato de que o grupo BRIC é detentor de expressiva extensão territorial, de recursos naturais e energéticos em diversidade e quantidade consideráveis, importante desenvolvimento tecnológico e acelerado crescimento econômico.

Para Papa e Gleason (2012), apesar de ser necessária a construção de uma agenda política mais forte para exercer a liderança global, estas cinco potências emergentes já estão se engajando na coordenação política na esfera de desenvolvimento sustentável.

De acordo com os resultados do trabalho de Freitas, Dantas e Iizuka (2012), a maioria das atividades de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) dos BRICS está focada no avanço de indústrias/tecnologias intensivas no uso de energia, o que se apresenta como mais um indício da relevância deste projeto.

Assim, apesar da força de projeção, Wilson e Purushothaman (2003) reconheceram que cada um dos países envolvidos, enfrentariam significativos

desafios para manter o desenvolvimento, isso seria devido uma política ruim ou de má sorte, criando obstáculos para o não cumprimento das projeções feitas (SANTANA, 2012).

2 MÉTODO

Foi realizada a análise dos países que compõem os BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), quanto à eficiência com base na produtividade total de fatores. Após essa análise, foi feita a comparação entre esses países, a partir de um ranking de eficiência.

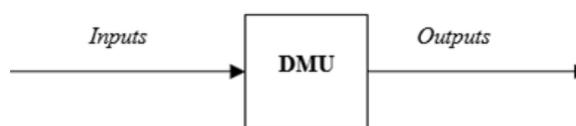
O método de programação matemática conhecido como Análise Envoltória de Dados (DEA) foi utilizado. O método DEA, originado a partir dos estudos de Farrell (1957), foi proposto como um modelo empírico para eficiência relativa, visando encontrar, preferencialmente, uma medida de eficiência de uma organização comparando-a com o melhor nível de eficiência até então observado, desconsiderando a comparação com algum “ideal inatingível”. Assim, o objetivo de DEA é identificar as unidades de tomada de decisão (DMUs) que de alguma forma não estão sendo eficientes e determinar onde surgem as ineficiências (GOMES et al., 2003).

Desse modo, o DEA pode ser aplicado para comparar um grupo de unidades de serviços a fim de identificar as unidades relativamente ineficientes. Ao medir a magnitude das ineficiências, é possível comparar as unidades e propor formas para reduzir as ineficiências.

Esse método costuma ser usado em trabalhos cujo foco é a área energética, como por exemplo, no artigo *Efficiency in Brazil's industrial sectors in terms of energy and sustainable development* (CAMIOTO; MARIANO, 2014), o qual analisa, relativamente, a performance energética dos principais setores industriais no Brasil.

Uma das vantagens do método sobre as outras técnicas de análise de eficiência, é que ele calcula as utilidades de todos os inputs e outputs das DMUs analisadas (MARIANO, 2008). DMUs (DecisionMakingUnits) ou Unidades Tomadoras de Decisão são variáveis de desempenho relativo de um sistema produtivo. O conceito de DMU pode ser ilustrado na Figura 1:

Figura 1: Representação de uma DMU



Fonte: MARIANO, ALMEIDA, REBELATTO (2006).

O valor da eficiência calculada pela técnica DEA será sempre limitado entre 0 e 1, porque pelo procedimento adotado, uma DMU deve ser comparada com a sua projeção na fronteira, que por definição, representa o padrão ótimo para ela. Sendo assim, a máxima eficiência que essa DMU poderá possuir será 1, que será obtida quando ela estiver sobre a fronteira (caso contrário, a eficiência será menor que 1). Neste estudo, o formato foi em percentual (de 0 a 100%).

Nessa pesquisa, a orientação deverá ser simultânea para a minimização dos inputs e maximização dos outputs, uma vez que se busca o aumento da produtividade com menos recursos energéticos. Portanto, para este estudo foi adotado o modelo SBM variante, que permitirá tal análise.

Para esta análise, serão utilizadas três variáveis de input: força de trabalho, formação bruta de capital fixo e consumo energético; e duas variáveis de output: PIB (output desejável) e emissão de CO₂ (output indesejável).

Assim, uma função de produção econômica foi construída para analisar a eficiência considerando uma estrutura de fator-total. Visa-se minimizar os inputs convencionais de formação bruta de capital fixo e trabalho, bem como o consumo energético. Este último representa um fator crucial de produção do ponto de vista econômico, já que é diretamente utilizado na indústria (MARIANO, 2010).

Ademais, neste trabalho, também foi analisado o output econômico, o PIB, sendo o objetivo do modelo maximizá-lo (output desejável). De acordo, com Hu e Wang (2006) para uma economia ou uma região, é preferível que ocorra o aumento do PIB e, simultaneamente, a diminuição do consumo de energia, a fim de que se atinja a eficiência da produção. A última variável analisada é a emissão de CO₂ (output indesejável), como um output ambiental, uma vez que Watanabe e Tanaka (2007) indicam que para analisar a eficiência energética é indispensável considerar a eficiência ambiental.

Após a implementação das técnicas e obtenção dos dados, devem-se analisar os resultados obtidos criteriosamente, à luz de todas as escolhas realizadas nas etapas anteriores. Todos os dados estão disponíveis do website do Banco Mundial, para o período de 1993 a 2010, sendo esse o período analisado nesse trabalho definido após análise deste banco de dados.

Para a relação entre os períodos, foi utilizado o método de análise de janela, o qual permite incluir o fator tempo no DEA (COOPER et al., 2000). Esse método consiste na separação em grupos (janelas) dos anos em questão, permitindo uma mistura das DMUs referentes há diversos anos em uma mesma aplicação. Isso é possível devido a múltiplas aplicações no DEA, considerando combinações dos anos analisados.

Finalizado tal processo, o objetivo foi criar tabelas dos resultados obtidos para cada unidade da janela, aplicando-se o DEA em cada uma. Como resultado final, espera-se a média das eficiências de todas as janelas em todos os anos. Portanto, foi possível estimar a quantidade utilizada de cada variável em um país e propor metas para cada uma delas para que aumente sua eficiência.

Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis) é uma técnica baseada em programação linear (PL) que possui o objetivo de medir o desempenho das DMUs, quando a presença de múltiplas entradas e saídas torna difícil a comparação (MARIANO, 2010).

O DEA é uma das técnicas não paramétricas de análise de eficiência e não requer uma normalização prévia dos inputs e outputs, podendo conter dados de qualquer grandeza (MARIANO, 2010). Permite às DMUs terem informação imediata sobre os seus respectivos status de eficiência ou ineficiência, que dependerão, por sua vez, do modelo DEA adotado (OGGIONI et al., 2011).

Charnes, Cooper e Rhodes (1978), desenvolveram o primeiro modelo matemático para a DEA, chamado CCR, o qual adotava a hipótese de Retornos Constantes de Escala (CRS) ao longo de toda a fronteira de produção. Ter retornos constantes de escala significa adotar a hipótese de que os inputs e outputs são proporcionais entre si, o que faz com que o formato da fronteira de eficiência do modelo

CCR seja uma reta com um ângulo de 45°. O modelo CCR calcula a eficiência de uma DMU dividindo sua produtividade pela produtividade da DMU mais produtiva de um determinado conjunto, sem se preocupar com a escala (MARIANO, 2010).

Incorporando os conceitos de economia em escala ao CCR, Banker, Charnes e Cooper, em 1984, formularam o chamado modelo BCC, que apresenta Retornos Variáveis de Escala (VRS). O modelo BCC propõe comparar apenas DMUs que operem em uma escala semelhante. Assim, neste modelo, a eficiência de uma DMU é obtida dividindo-se sua produtividade pela maior produtividade entre as DMUs que têm o mesmo tipo de retorno de escala que ela. A fronteira do modelo BCC é composta de um conjunto de retas de ângulos variados, o que caracteriza uma fronteira linear por partes.

De acordo com Coelli et al. (1998) os modelos CCR e BCC podem apresentar duas orientações: para a maximização dos outputs ou para a minimização dos inputs. O modelo Aditivo proporcionará a situação em que a DMU deverá fazer menos esforço, em termos de redução de inputs e aumento de outputs, para atingir a eficiência. Vale ressaltar que os modelos aditivos podem ser do tipo Variante, com Retornos Variáveis de Escala, ou Invariante, com Retornos Constantes de Escala.

No entanto, o modelo Aditivo não permite calcular o índice de eficiência das DMUs que estão sendo comparadas, permite apenas indicar as DMUs eficientes e as metas das DMUs ineficientes. Logo, a interpretação dos resultados do modelo Aditivo deve ser realizada de forma um pouco diferente dos modelos BCC e CCR, em que 100% indica uma DMU eficiente.

Devido à limitação desse modelo, foram propostos alguns aprimoramentos ao mesmo, dos quais se destaca o modelo SBM (Slacks-Based Measure). Este modelo, que foi introduzido por Tone (2001), é bastante semelhante ao modelo aditivo, já que também considera uma orientação simultânea aos inputs e aos outputs, mas fornece como resultado, um valor de eficiência que varia de zero até 100%. Deste modo, os resultados deste modelo, apesar de partirem dos mesmos pressupostos do modelo aditivo, podem ser interpretados de maneira semelhante aos resultados dos modelos CCR e BCC.

Este modelo, que foi introduzido por Tone (2001), é bastante semelhante ao modelo aditivo, já que também considera uma orientação simultânea aos inputs e aos outputs, mas fornece, como resultado,

um valor de eficiência que varia de zero até 100%. Deste modo, os resultados deste modelo, apesar de partirem dos mesmos pressupostos do modelo aditivo, podem ser interpretados de maneira semelhante aos resultados dos modelos CCR e BCC.

Para a realização deste trabalho, observa-se que a orientação, simultânea, para minimização dos inputs e maximização dos outputs é a mais adequada, uma vez que o objetivo do ponto de vista da produtividade total de fatores é diminuir o consumo energético, o capital empregado e o trabalho despendido e, simultaneamente, aumentar o PIB de cada país analisado, ou seja, diminuir a necessidade de fatores de produção e aumentar o crescimento econômico. Ressalta-se que o output indesejável “emissão de CO2” será modelado como input e, portanto, também deve ser minimizado.

Vale ressaltar que o modelo SBM variante foi escolhido para este estudo, pois permite comparar países que operam em escalas diferentes, o que implica que reduções ou aumentos nos inputs não necessariamente geram alterações na mesma proporção, nos outputs. As expressões 1 a 6 apresentam o modelo SBM variante, de acordo com Tone (2001):

$$\text{Min } \tau = t - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_j / x_{j0} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$1 = t + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i / y_{i0} \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k + S_j = t \cdot x_{j0}, \text{ para } j=1,2,\dots,n \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k - S_i = t \cdot y_{i0}, \text{ para } i=1,2,\dots,m \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^z \lambda_k = t \quad (5)$$

$$\lambda_k, S_j, S_i \geq 0 \text{ e } t > 0 \quad (6)$$

Em que:

λ_k : Participação da DMU k na meta da DMU em análise;

x_{jk} : Quantidade do input j da DMU k;

y_{ik} : Quantidade do output i da DMU k;

x_{j0} : Quantidade do input j da DMU em análise;

y_{i0} : Quantidade do output i da DMU em análise;

z: Número de unidade em avaliação;

m: Número de outputs;

n: Número de inputs;

S_i : Variável de folga do output i;

S_j : Variável de folga do input j;

t: Variável de ajuste linear

É importante mencionar que além de permitir mensurar o desempenho relativo dos países selecionados, este método, também permitirá obter as folgas, que expressam o quanto cada setor deve aumentar ou diminuir de cada variável, para atingirem a eficiência em relação aos outros setores. A folga expressa o quanto o desempenho atual da DMU se encontra afastado, em cada variável, de seu desempenho ideal, que pode ser simbolizado por uma DMU virtual que se encontra sobre a fronteira de eficiência (também chamada de benchmark). Esse desempenho ideal pode ser considerado uma meta para as DMUs ineficientes, que pode ser calculada conforme as expressões 7 e 8:

$$\text{Meta input} = x_{j0} - S_j, \text{ para } j = 1,2,3,\dots,n \quad (7)$$

$$\text{Meta output} = y_{i0} + S_i, \text{ para } i = 1,2,3,\dots,m \quad (8)$$

A partir do desempenho atual e da meta, é possível determinar a folga relativa, que expressa percentualmente o nível de melhoria necessário para cada variável de cada setor. A folga relativa pode ser determinada a partir da expressão 9:

$$\text{Folga Relativa} = (\text{Meta} - \text{Atual}) / \text{Atual} \quad (9)$$

Como pode ser notado, as folgas relativas aos inputs serão negativas, o que indica que as variáveis devem ser diminuídas, e as folgas relativas aos outputs serão sempre positivas, o que indica que as variáveis devem ser aumentadas. A partir da elaboração de tabelas que incorporaram os resultados das folgas relativas, encontradas a partir da análise de janelas do modelo DEA-SBM, será possível identificar os países que apresentam maior distanciamento da fronteira de eficiência, para cada uma das variáveis.

Análise de Janela

A análise de janela consiste em um método estruturado para se misturar, em uma mesma aplicação, dados de DMUs referentes a diversos anos diferentes, sendo que isso é feito por meio da realização de múltiplas aplicações da DEA, considerando diferentes combinações de anos (CAMIOTO, 2013). De acordo com Cooper et al. (2000), essa é uma das formas de se incluir o fator tempo dentro da técnica DEA.

A partir dos dados disponíveis, é determinado o tamanho de cada janela e o número de janelas a ser construído. Essas duas informações podem ser obtidas por meio das Expressões 10 e 11, em que k representa o número de períodos e p o tamanho da janela, que é arredondado para cima, se necessário.

$$\text{Tamanho_da_janela_}(p) = (K + 1) / 2 \quad (10)$$

$$\text{Quantidade_de_janela} = k - p + 1 \quad (11)$$

Uma tabela, que incorpore os resultados obtidos para cada unidade em cada janela, deve ser construída, após a aplicação do DEA em cada uma. O resultado final da eficiência de cada DMU deve ser a média das eficiências obtidas em todos os anos e em todas as janelas. Para testar a estabilidade de sua eficiência no tempo, o desvio padrão também será calculado.

Logo, serão elaboradas tabelas que incorporaram os resultados das folgas, de cada variável, para cada DMU e tabelas com os resultados da eficiência dos países obtidos em cada janela. Assim, o resultado final da folga de cada variável para cada DMU será a média das folgas obtidas em todos os anos e em todas as janelas.

Portanto, será possível identificar o quanto a cada variável, de cada país, deve ser, em média, alterada, possibilitando o aumento da eficiência destes países em relação aos demais.

3 RESULTADOS

A partir da aplicação do Modelo SBM variante da DEA e da Análise de Janela, foi possível verificar o comportamento dos países que compõe o BRICS durante os anos de 1993 a 2010, considerando os *inputs* força de trabalho, formação bruta de capital

fixo e consumo energético e os *outputs* PIB (*output* desejável) e emissão de CO2 (*output* indesejável).

Para esta análise, foi calculado o número total de nove janelas, cada uma com dez amplitudes. A partir da DEA foi possível verificar que o Brasil é o mais eficiente em relação à sua capacidade de transformar energia, força de trabalho e formação bruta de capital fixo em PIB, sem aumentar as emissões de CO2, seguido por: África do Sul, China, Rússia e Índia; como é possível observar na Tabela 1.

Tabela 1: Ranking de Eficiência de Fator-total do BRICS

| Ranking | PAÍS | Média eficiência | Desvio Padrão |
|---------|-----------|------------------|---------------|
| 1 | BRASIL | 99,36% | 1,18% |
| | ÁFRICA DO | | |
| 2 | SUL | 98,95% | 1,44% |
| 3 | CHINA | 81,10% | 14,17% |
| 4 | RUSSIA | 60,28% | 6,22% |
| 5 | ÍNDIA | 42,34% | 3,96% |

Em comparação ao *ranking* de eficiência econômica do trabalho, Crescimento econômico, desenvolvimento sustentável e inovação tecnológica – uma análise de eficiência por envoltória de dados para os países do BRICS, é possível observar que entre os países do BRICS o Brasil foi aquele que apresentou, também, a maior média de eficiência econômica, seguido pela África do Sul, China, Rússia e Índia em ordem decrescente de eficiência, conforme a Figura 2.

Figura 2: Ranking de eficiência econômica

| Ranking de eficiência | País | Eficiência média total |
|-----------------------|---------------|------------------------|
| 1 | Brasil | 0,98 |
| 2 | África do Sul | 0,66 |
| 3 | China | 0,65 |
| 4 | Rússia | 0,51 |
| 5 | Índia | 0,49 |

Fonte: SANTANA (2012).

3.1 Análise das variáveis

A partir das folgas de cada variável, fornecidas pela DEA, foi possível analisar a classificação dos países no *ranking* da estrutura de fator-total.

Para tanto, foi construído um *ranking* das médias das folgas para cada variável, indicando qual país precisaria alterar mais (posição 5) ou menos (posição 1) a variável analisada para melhorar a eficiência relativa calculada.

-Força de trabalho (população ativa)

Esse indicador mostra o número de pessoas com capacidade para participar do processo de divisão social do trabalho. O *ranking* da média das folgas dessa variável encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2: Ranking e média das janelas - Força de Trabalho

| Ranking | Setor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Média | Desvio Padrão |
|--------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| 1 | ÁFRICA DO SUL | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0 |
| 2 | BRASIL | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,02% | 0,02% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,0003 |
| 3 | RUSSIA | 3,73% | 3,75% | 3,80% | 3,65% | 3,24% | 2,81% | 2,33% | 1,82% | 1,39% | 2,95% | 0,017 |
| 4 | CHINA | 39,51% | 36,94% | 35,85% | 36,44% | 35,74% | 35,87% | 34,30% | 27,29% | 32,46% | 34,93% | 0,0492 |
| 5 | INDIA | 39,18% | 39,57% | 40,20% | 40,99% | 41,84% | 42,70% | 43,53% | 43,94% | 44,56% | 41,83% | 0,0331 |
| Média Geral | | | | | | | | | | | 15,94% | |

África do Sul e Brasil são mais eficientes quando comparados aos demais países, com folga média de 0%, ou seja, os mesmos não precisam alterar essa variável para aumentar as suas respectivas eficiências. Desta forma, apresentam-se como *benchmarking* para essa variável, de forma que suas práticas com relação ao uso da força de trabalho para aumentar o PIB, sem prejudicar o meio ambiente, podem ser melhor estudadas por países que tenham uma folga relativa elevada em relação aos demais para essa variável.

Já a Rússia, terceira do *ranking* (2,95%), com desvio padrão de 0,017, passou de 3,73% (janela 1) para 1,39% (janela 9) apresentando uma melhora ao longo do tempo. Essa melhora ocorreu, principalmente, a partir de 2006, quando o país começou a apresentar folga de 0% em todas as janelas.

Já a China apresentou expressivas e rápidas melhoras, a ponto do ano mais recente de cada janela ser sempre melhor do que os anteriores, daí a alta variabilidade (0,0492). Porém, ainda, assume o quarto lugar (34,93%).

A Índia apresentou-se em último lugar (41,83%), com desvio padrão de 0,0331, piorando de janela para janela.

- Formação bruta de capital fixo

Esse indicador mede o quanto as empresas aumentaram os seus bens de capital, mostrando o aumento da capacidade de produção do país e a confiança dos empresários no futuro.

O *ranking* da média das folgas para essa variável encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3: Ranking e média das janelas - Formação Bruta de Capital Fixo

| Ranking | Setor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Média | Desvio Padrão |
|--------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| 1 | RUSSIA | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,02% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,0002 |
| 2 | ÁFRICA DO SUL | 0,10% | 0,07% | 0,03% | 0,02% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,03% | 0,03% | 0,03% | 0,0006 |
| 3 | BRASIL | 0,18% | 0,26% | 0,14% | 0,18% | 0,08% | 0,05% | 0,02% | 0,02% | 0,01% | 0,10% | 0,0021 |
| 4 | CHINA | 3,41% | 2,89% | 2,88% | 2,41% | 1,84% | 1,35% | 0,66% | 0,00% | 0,00% | 1,70% | 0,0276 |
| 5 | INDIA | 0,39% | 0,82% | 0,93% | 1,40% | 1,90% | 2,41% | 2,94% | 3,64% | 4,27% | 2,08% | 0,0278 |
| Média Geral | | | | | | | | | | | 0,78% | |

Mesmo aumentando a média das folgas nas últimas janelas, a África do Sul, segunda do *ranking* (0,03%), assim como a Rússia, primeira do *ranking* (0%), podem ser classificadas como eficientes nessa variável, apresentando desvios de 0,0002 e 0,0006, respectivamente.

Em terceiro e quarto lugar estão Brasil e China, respectivamente. Observa-se, na Tabela 3, que eles melhoraram a média das folgas dessa variável ao longo das janelas. Destaca-se, ainda, que eles apresentaram os anos mais recentes de cada janela, sempre, como mais eficientes do que os anos anteriores.

Já a Índia piorou a média dessa folga ao longo dos anos, sendo o último país no *ranking* (2,08%), com desvio padrão 0,0278.

- Consumo energético

Consumo energético está relacionado diretamente ao comportamento da sociedade e ao nível de desenvolvimento do país. Nota-se, na Tabela 4, que todos os países, com exceção da Índia, melhoraram a média das folgas dessa variável ao longo das janelas.

Tabela 4: Ranking e média das janelas - Consumo Energético

| Ranking | Setor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Média | Desvio Padrão |
|--------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| 1 | BRASIL | 0,01% | 0,01% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,01% | 0,02% | 0,00% | 0,0002 |
| 2 | ÁFRICA DO SUL | 0,27% | 0,20% | 0,09% | 0,09% | 0,09% | 0,08% | 0,09% | 0,12% | 0,17% | 0,13% | 0,0017 |
| 3 | INDIA | 10,08% | 9,94% | 10,15% | 10,53% | 10,98% | 11,42% | 11,97% | 12,59% | 13,17% | 11,20% | 0,0207 |
| 4 | CHINA | 17,28% | 14,79% | 13,19% | 12,18% | 11,12% | 12,04% | 12,23% | 9,40% | 13,31% | 12,84% | 0,0948 |
| 5 | RUSSIA | 20,69% | 20,18% | 20,02% | 19,95% | 19,93% | 19,95% | 20,05% | 19,94% | 20,04% | 20,08% | 0,006 |
| Média Geral | | | | | | | | | | | 8,85% | |

Brasil (0%) e África do Sul (0,13%) lideram o *ranking*, sendo o consumo energético nesses países bastante eficiente, talvez pela conscientização por parte das pessoas ou pelos resultados de programas governamentais, como o PROCEL.

A China vem melhorando, conseguindo folga 0% nos anos mais recentes de cada janela. A alta variabilidade é refletida no maior desvio padrão (0,0948). Entretanto, no primeiro ano de cada janela, seu consumo era exacerbado, conseqüentemente, ainda ocupa o quarto lugar no *ranking* (12,84%).

A Índia, que possuía folgas menores que a China nos primeiros anos de cada janela, aumentou sua folga nos anos mais recentes, encontrando-se no terceiro lugar (11,20%), com desvio padrão de 0,0207.

Finalmente, as folgas na Rússia diminuíram, contudo, em uma taxa baixa, sendo que não há grande diferença entre as folgas nos primeiros e últimos anos de cada, apresentando-se como último no *ranking* (20,08%), com desvio padrão de 0,006.

- Emissão de CO2

Emissões de CO2 são decorrentes da queima de combustíveis fósseis. Observou-se, a partir dos dados, que o nível de emissões do BRICS, no geral, aumentou ao longo dos anos.

A Tabela 5 apresenta o *ranking* de países do BRICS para essa variável.

Tabela 5: Ranking e média das janelas - Emissão de CO2

| Ranking | Setor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Média | Desvio Padrão |
|--------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| 1 | BRASIL | 0,03% | 0,07% | 0,10% | 0,09% | 0,06% | 0,01% | 0,01% | 0,01% | 0,00% | 0,04% | 0,0009 |
| 2 | ÁFRICA DO SUL | 0,20% | 0,10% | 0,13% | 0,11% | 0,09% | 0,08% | 0,09% | 0,16% | 0,16% | 0,12% | 0,0019 |
| 3 | INDIA | 10,06% | 10,33% | 9,77% | 10,28% | 10,86% | 11,44% | 12,19% | 13,06% | 13,82% | 11,31% | 0,0259 |
| 4 | CHINA | 17,53% | 14,09% | 11,96% | 10,22% | 8,97% | 10,19% | 10,95% | 8,24% | 12,88% | 11,67% | 0,0989 |
| 5 | RUSSIA | 15,56% | 15,05% | 14,94% | 14,77% | 14,85% | 14,98% | 15,21% | 15,26% | 15,53% | 15,13% | 0,0084 |
| Média Geral | | | | | | | | | | | 7,65% | |

Os mais eficientes são Brasil (0,04%) e África do Sul (0,12%). Ambos mantêm folga de 0% na maior parte dos anos analisados.

Já Índia e Rússia, terceira e última no *ranking*, apesar de diminuírem a média das folgas na janela 3, voltaram a aumentar a porcentagem, como mostrado na Tabela 5. Pode-se, assim, concluir que em uma época que se busca a sustentabilidade, Rússia e Índia não estão obtendo resultados relativos satisfatórios em reduzir as emissões de CO2, com o aumento do uso fontes mais limpas de energia, por exemplo.

Finalmente, a China, mesmo em penúltimo lugar no *ranking* (11,67%), apresentou melhorias, com diminuição considerável da folga ao longo dos anos. Essas melhorias se refletem no desvio padrão, o maior (0,0989).

- Produto interno bruto (PIB)

PIB representa a soma, em valores monetários, de todos os bens e serviços finais produzidos numa região, durante um período determinado. Tem o objetivo principal de mensurar a atividade econômica de uma região.

Considerando o período analisado, há uma melhora do PIB por parte de todos os países analisados, exceto a Rússia, devido à extinção da União Soviética. Segundo os dados coletados, a Rússia consegue recuperar o crescimento econômico em 1998.

A Tabela 6 apresenta o *ranking* da média das folgas para essa variável.

Tabela 6: *Ranking* e média das janelas - PIB

| <i>Ranking</i> | Setor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Média | Desvio Padrão |
|--------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|---------------|
| 1 | ÁFRICA DO SUL | 0,03% | 0,03% | 0,03% | 0,01% | 0,02% | 0,01% | 0,02% | 0,03% | 0,05% | 0,02% | 0,0004 |
| 2 | BRASIL | 0,07% | 0,05% | 0,17% | 0,14% | 0,07% | 0,00% | 0,02% | 0,01% | 0,02% | 0,06% | 0,0016 |
| 3 | CHINA | 0,45% | 0,31% | 0,29% | 0,99% | 1,86% | 3,06% | 3,79% | 4,00% | 1,73% | 1,83% | 0,0214 |
| 4 | RUSSIA | 2,34% | 2,18% | 1,88% | 1,83% | 2,23% | 2,76% | 3,37% | 4,00% | 4,50% | 2,79% | 0,0201 |
| 5 | INDIA | 5,43% | 6,08% | 6,57% | 6,51% | 6,30% | 6,06% | 5,59% | 5,39% | 4,71% | 5,85% | 0,0232 |
| Média Geral | | | | | | | | | | | 2,11% | |

África do Sul (0,02%) e Brasil (0,06%), com desvio padrão de 0,0004 e 0,0016, respectivamente; se mostram quase eficientes, sendo considerável o número de folgas zero ao longo dos períodos analisados.

A China, terceiro lugar (1,83%), com desvio padrão de 0,0214, apresentou folga 0 para o ano mais recente de cada janela, o que mostra melhoria da eficiência com relação a essa variável.

A Rússia, quarto lugar (2,79%), com desvio padrão de 0,0201, poderia melhorar sua posição, caso continuasse com o desempenho das três primeiras janelas. Contudo, a partir da quarta janela, a folga aumentou.

A Índia, diferente do observado nas outras variáveis, melhorou a eficiência do PIB, diminuindo as folgas nos anos mais recentes de cada janela. Esse país encontra-se em quinto lugar no *ranking* (5,85%), com a maior variabilidade (0,0232) entre os países analisados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Energia é um dos componentes essenciais para o desenvolvimento social e econômico de uma nação. Os desenvolvimentos atuais e futuros do país devem estar intimamente ligados ao uso sustentável, eficiente e seguro de energia com base em abordagens ecologicamente e economicamente mais viáveis para o futuro da sociedade a curto e em longo prazo.

No entanto, existem numerosos problemas que a sociedade moderna deve enfrentar na busca por um provisão energético sustentável, paralelamente à busca pela redução do seu uso. No entanto, as crises energéticas vivenciadas têm mostrado como as sociedades são vulneráveis à geopolítica e às influências climatológicas para o seu abastecimento em energia.

No presente trabalho a comparação entre os países do BRICS foi realizada por meio da análise da eficiência desses países em transformar formação bruta de capital fixo, força de trabalho e consumo de

energia em crescimento econômico, sem aumentar as emissões de CO₂.

No resultados, o Brasil mostrou-se com a maior eficiência (99,36%), considerando as variáveis utilizadas, seguido pelos países: África do Sul, China, Rússia e Índia.

Para melhor entender os resultados da análise de eficiência, foi feita uma análise das folgas de cada variável. A partir dessa análise, foi possível observar que o Brasil apresentou-se como *benchmarking* para os demais países nas variáveis: força de trabalho, consumo energético e emissões de CO₂; além de ser o segundo no *ranking* de folga para a variável formação bruta de capital fixo e o terceiro no *ranking* do PIB. Outro país que se destacou foi a África do Sul, apresentando-se sempre como o primeiro ou o segundo colocado no *ranking* das folgas das variáveis analisadas.

Destaca-se que a variável força de trabalho, ao apresentar-se com a maior média geral das folgas, deve receber, mais prioritariamente, atenção a fim de que medidas sejam tomadas para melhorá-la. Tal resultado pode indicar, entre outras coisas, que o BRICS precisaria investir em tecnologia a fim de melhorar a produtividade. Isso poderia garantir que o crescimento econômico seja alcançado sem necessidade do alto uso da força de trabalho.

Após a força de trabalho, as variáveis com maiores folgas médias foram, respectivamente: consumo energético, emissões de CO₂, PIB e Formação Bruta de Capital Fixo, respectivamente. O que justifica a preocupação desse trabalho em focar a análise na redução do consumo energético.

Ao analisar o *ranking* das folgas para cada variável, tem-se que o Brasil apresenta-se como *benchmarking* para o consumo energético. Todavia, de todas as variáveis, deve atentar-se principalmente a formação bruta de capital. Já a China e a Índia devem focar, primeiramente, na Força de Trabalho, enquanto a Rússia e a África do Sul, no consumo energético.

Ressalta-se que a folga não pode ser interpretada como uma meta rígida, sendo apenas um indicativo de qual variável está sendo mais prejudicial para a eficiência relativa dos países. Deste modo, pode acontecer de não haver possibilidades de alterar as variáveis, nas proporções indicadas pelas folgas, considerando a atual estrutura do país e o cenário econômico que apresenta.

Salienta-se, ainda, a importância de incentivos públicos para concretizar as mudanças na estrutura de

empregos, procurando formas de inserir as pessoas no mercado de trabalho de forma qualificada; e mudanças no consumo de energia e na emissão de CO₂, buscando além da eficiência energética, novas fontes de energia. Além disso, são necessárias ações conjuntas que envolvam, além do governo, o setor privado e os consumidores na produção e consumo sustentável de energia. Deve haver, ainda, incentivos econômicos buscando a melhoria da formação bruta de capital e do PIB.

Assim, responde-se a questão de pesquisa, mostrando quais países do BRICS são mais eficientes, propiciando informações sobre países *benchmark* dentro do BRICS e como o Brasil se encontra nesse cenário.

Ressalta-se, porém, que o índice proposto neste trabalho apresenta limitações relacionadas, principalmente, com a heterogeneidade dos países comparados. Portanto, sua interpretação exige que sejam consideradas as particularidades de cada país, em suas interações com a sociedade, a economia e o meio ambiente.

Por fim, o presente trabalho buscou contribuir com informações qualitativas e quantitativas sobre o desenvolvimento dos países de forma que o crescimento econômico seja alcançado sem prejudicar o meio ambiente e com a menor quantidade de fatores de produção possível. Os resultados forneceram, também, aos governos dos países BRICS informações para o estabelecimento de estratégias adequadas para aumentar a eficiência considerando uma estrutura total de fatores.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P.R. O papel dos BRICS na economia mundial. **Economia exterior**, p: 57-65, 2009.
- AMORIM, C. Existe realmente el BRIC. **Economia exterior**, v.52, p: 23-28, 2010.
- ARAÚJO, M. A. **A moderna construção sustentável**. Disponível em: <www.idhea.com.br>. Acesso em: 18 jun. 2004.
- BANCO MUNDIAL. (2013). **Apresenta diversas informações relativas aos países**. Disponível em: < <http://www.worldbank.org/>>. Acesso em: 17 jan. 2013.

BBC British Broadcasting Corporation. **Brics respondem por 6% da ajuda global diz Banco Mundial**. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2012/04/120420_banco_mundial_pu.shtml>. Acesso em: 20 ago. 2013

BILDIRICI, M. Economic growth and biomass energy. **Biomass and Bioenergy**, v. 50, p. 19-24, 2012.

CAMIOTO, F.C. **Análise da eficiência energética nos BRICS e G7 considerando estrutura de fator-total: uma aplicação da Análise Envoltória de Dados**. São Carlos, 2013.

CAMIOTO, F.C. et al. **Efficiency in Brazil's industrial sectors in terms of energy and sustainable development**. São Carlos, 2014.

CAMIOTO, F.C. et al. **Factors Intervening with the Adoption of Cleaner Energy Sources in the Industrial Sector of the State of São Paulo**, Brazil. São Carlos, 2015.

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

COELLI, T. et al. **Introduction to efficiency and productivity analysis**.Massachussets Kluwer Academic Pulishers, 1998.

COOPER, W. W et al. **Date Envelopment Analysis: a comprehensive Text with models, applications, reference and DEA–Solver software**. 1 ed. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2000.

FARRELL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, series A, v. 120, n. 3, p. 253-281, 1957.

FOLHA DE SÃO PAULO (2012). **Eco92 x Rio+20: sem clima para utopia**.AndreaVialli: 5 de junho de 2012

GOMES, E.C.; MELLO J.C.C.B.S. **Avaliação da eficiência por Análise Envoltória de Dados: conceitos, aplicações a agricultura e integrações com os sistemas de informação geográfica**. Campinas: Embrapa Monitoramento por satélite. Documento, vol. 2839p., 2003.

GREENING L. A., GREENE D. L. e DIFIGLIO C. Energy and consumption. **Energy Policy**, v 28, p. 389-401,2000.

HU, J. L.; WANG, S. C. Total-factor energy efficiency of regions in China. **Energy Policy**, v. 34, n. 17, p. 3206-3217, 2006.

JORNAL NACIONAL. BRICS negociam criação do fundo emergencial de R\$ 200 bilhões. **O Globo**. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2013/03/brics-negociam-criacao-de-fundo-emergencial-de-r-200-bilhoes.htm> l. Acesso em: 03/04/2013.

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.

MAY, P.H. Como superar as condições entre crescimento e sustentabilidade? Inovações institucionais nos BRICS. In : **DUPAS, G. Meio ambiente e crescimento econômico: Tensões estruturais**. São Paulo: Ed. UNESP, 2008.

MEADOWS, D. H. et al. **The limits to growth**. Nova lorque: Universe Books, 1972.

NARAYAN, P.K.; SMYTH, R.; PRASAD, A. Electricity consumption in G7 countries: A panel cointegration analysis of residential demand elasticities. **Energy Policy**, v. 35, p. 4485-4494, 2007.

OGGIONI, G., et al. Eco-efficiency of the world cement industry: A data envelopment analysis. **Energy Policy**, v. 39, p. 2842 – 2854, 2011.

PAO, H. T.; TSAI, C.M. CO2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. **Energy Policy**, v.38, p. 7850 -7860, 2010.

ROMEIRO, A. R. Economia ou economia política da sustentabilidade? **Unicamp**, n. 102. Campinas, 2001.

SACHS,I. **Desenvolvimento includente, Sustentável, Sustentado**. Rio de Janeiro; Garamond/Sebare, 2004.

SANTANA,N.B.**Crescimento econômico, desenvolvimento sustentável e inovação tecnológica**- uma análise de eficiência por envoltória de dados para os países do BRICS. São Carlos, 2012. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos USP, 2012.

TONE, K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 130, p. 498–509, 2001.

TRAVAGLINI, F. Brics aprovam criação do fundo comum no valor de US\$ 100 bi. **Estadão**. Disponível em:<http://economia.estadao.com.br/noticias/economia-brasil,brics-aprovam-criacao-de-fundo-comum-no-valor-de-us-100-bi,148463,0.htm> Acesso em : 20/08/2013.

TRAVAGLINI, F.; DANTAS, I. Mantega propõe criar banco do Brics em 2014. **Estadão**. Disponível em: <http://economia.estadao.com.br/noticias/economia-brasil,mantega-propoe-criar-banco-do-brics-em-2014,148453,0.htm>. Acesso em : 20/08/2013

WATANABE, M.; TANAKA , K. Efficiency analysis of Chinese industry: a directional distance function approach. **Energy Policy**, v. 35, p. 6323–6331, 2007.

ZHOU, P; ANG, B. W. Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance. **Energy Policy**, v.36, p. 2911– 2916, 2008.