

Eficiência técnica da vacinação contra Hepatite B por análise envoltória de dado

Technical Efficiency of Vaccination Against Hepatitis B through data envelopment analysis

André Luiz Marques Serrano^a

Víthor Rosa Franco (autor correspondente)^b

Raissa Damasceno Cunha^c

Luiz Medeiros de Araújo Neto^d

Marcelo Driemeyer Wilbert^e

^aProfessor da Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil
andrelms@unb.br

^bMestrando em Psicologia
Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil
vithor8@gmail.com

^cEspecialista em Gestão Pública
Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil
damascenorc@gmail.com

^dMestre em Administração
Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil
medeiros2002@hotmail.com

^eProfessor da Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil
marcelodw@unb.br

doi:10.18472/ReGIS.v2n2.2016.22059

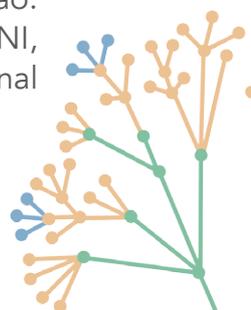
Recebido em 11.09.2016

Aceito em 08.11.2016

ARTIGO - DOSSIÊ

RESUMO

O Programa Nacional de Imunizações (PNI) é considerado um programa de referência no controle e extinção de algumas doenças, como hepatite B, foco deste estudo, doença com combate previsto no calendário nacional de imunização. Para a presente pesquisa, foram extraídos dados da base do domínio do PNI, na internet, relativos às notificações de agravos, retirados do Sistema Nacional



de Notificação de Agravos (Sinan). A análise abordará a eficiência considerando dados relativos à variação das notificações das doenças em função da cobertura vacinal e doses aplicadas além do comportamento desses dados entre as diferentes Unidades Federativas (UF). Assim, buscou-se mensurar a eficiência das 27 UFs, utilizando a metodologia Análise Envoltória de Dados (DEA) com orientação a insumos (inputs), e a variação da eficiência pelo índice de Malmquist. Conclui-se que poucas unidades alcançaram 100% de eficiência e em geral houve pouco aumento de produtividade em decorrência de incremento da tecnologia.

Palavras-chave: Eficiência. Hepatite B. PNI. Vacina. DEA. Índice de Malmquist.

ABSTRACT

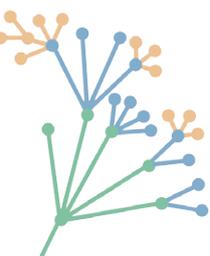
The National Immunization Program (PNI) is considered a referral program in the control and extinction of some diseases such as Hepatitis B, focus of this study, disease which fighting is provided for in national immunization schedule. For this study, data were taken from PNI domain based on the Internet relating to grievances notifications, taken from the National System for Notifiable Diseases (SINAN). The analysis will address the efficiency considering data on the variation of the notifications of the disease due to vaccination coverage and doses applied beyond the behavior of data between the different Federal Units (UF). Thus, it sought to measure the efficiency of the 27 Federative Units, using data envelopment analysis (DEA) with orientation to inputs, and the variation of efficiency by Malmquist index. It follows that few unities reached 100% of efficiency and in general there was little increase in productivity due to increased technology.

Keywords: Efficiency. Hepatitis B. PNI. Vaccine. DEA. Malmquist Index.

1 INTRODUÇÃO

O Programa Nacional de Imunizações (PNI) foi constituído oficialmente em 19 de setembro de 1973, durante o regime militar e antes da efetivação do Sistema Único de Saúde, que só foi previsto na Constituição de 1988 e regulamentado em 1990 pela Lei 8.080. Quando do seu surgimento, o PNI tinha objetivos mais restritos, sendo que hoje o programa é mais abrangente, incluindo domínio sobre doenças difíceis de serem controladas até mesmo em países com uma situação mais favorável (pequena população, mais recursos e menor desigualdade social e regional). As ações de imunização desenvolvidas no Brasil são consideradas também pelo seu êxito na inclusão social, pois atendem a todos sem distinção, seguindo o princípio da universalidade previsto no SUS (BRASIL, 2003).

O Ministério da Saúde (MS) é o órgão responsável pela elaboração das diretrizes e gerenciamento do programa, além de ser responsável pelas aquisições e distribuições aos estados e municípios. Os estados funcionam em sua maioria como órgãos de apoio e suporte aos municípios. O fato das aquisições serem realizadas



de forma centralizada pelo MS reforça a expectativa de universalidade do programa. Caso ocorresse de forma isolada por cada estado ou município, provavelmente aqueles entes com população menor ou mais carente teriam dificuldades em executá-lo, pois os insumos teriam um custo maior, o que acabaria acarretando um grande contingente populacional desassistido. Como a maioria das doenças que se busca prevenir são males contagiosos não há efetividade dessa política sem caráter universal.

Ao longo dos anos, as constantes campanhas de vacinação e a capacitação dos técnicos e gestores em saúde têm contribuído para o aumento da conscientização social sobre a necessidade de procurar o sistema de saúde para uma adequada imunização, soma-se a isso outras políticas públicas que têm como exigência o cumprimento do calendário de vacinação e o acompanhamento de crianças e adolescentes por equipes de Saúde da Família, reduzindo os riscos para o restante da população e onerando menos os cofres públicos no futuro com tratamentos de doenças que podem ser evitadas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

Assim, este trabalho se dispõe a estudar, por meio da metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA), a eficiência do Programa Nacional de Imunização tomando como base os dados de cobertura vacinal e doses aplicadas do imunobiológico hepatite B, e notificação de casos dessas doenças. Serão utilizados dados de domínio público, extraídos da base do PNI e do Sistema Nacional de Notificação de Agravos (Sinan). DEA é um modelo de programação matemática aplicado às variáveis que fornecem estimativas empíricas de relações. Essa técnica visa obter um método para a identificação das unidades com as melhores práticas de um conjunto comparável de unidades tomadoras de decisões (*Decision Making Units – DMU*), verificando o que seriam as metas de referência para as unidades ineficientes (COOK; SEIFORD, 2009).

Dessa forma, este estudo tem como objetivo geral verificar a eficiência do imunobiológico contra hepatite B na redução das notificações dessa doença nas Unidades Federativas. Isso será realizado por meio dos dados de coberturas vacinais e doses aplicadas do PNI e das notificações de agravo do Sinan, utilizando a Análise Envoltória de Dados. Serão usados como insumos o quantitativo anual de doses distribuídas às UFs e as doses efetivamente aplicadas pelo PNI. Como produtos, serão usados a cobertura vacinal alcançada, as notificações de casos de hepatite B e o prejuízo em doses (a diferença entre as doses recebidas e as efetivamente aplicadas). Serão utilizados dados do período de 2009 a 2013, cinco anos. Como forma de expandir o conhecimento sobre a eficiência do imunobiológico na prevenção de hepatite B, este estudo terá os seguintes objetivos específicos: elencar as Unidades Federativas conforme eficiência, e verificar a variação de eficiência ao longo do período.

A história da política de imunizações no Brasil tem um marco no ano de 1973, quando terminou a campanha de erradicação da varíola, iniciada em 1962, criou-se o Programa Nacional de Imunizações (PNI). A década de 1970 foi marcada por contrastes e enfrentamentos de modelos no campo da saúde que se mostraram



preponderantes para que se alcançasse o atual modelo de saúde. Nessa época apresentaram-se propostas racionalizadoras do planejamento no desenvolvimento de políticas públicas, e surgiram as iniciativas que propunham a universalização da saúde, boa parte disso estava dentro do denominado movimento sanitário brasileiro (TEMPORÃO, 2003).

No âmbito do Ministério da Saúde há diversas políticas que possibilitariam a realização de estudos sobre análise de eficiência, porém, o custo do PNI e o seu impacto na saúde da população de forma universal reforçam a necessidade de realização de estudos sobre sua eficiência. Restringiu-se a análise à vacina para prevenção de hepatite B por ser um insumo presente no calendário de vacinação que busca imunizar contra uma doença de notificação obrigatória o que facilita e imprime mais confiança aos dados disponíveis. Dessa forma, na busca por contribuir para que o sistema possa continuar a progredir e aumentar o bem-estar geral da população, tem crescido o número de estudos que investigam a eficiência e tentam apresentar prováveis soluções para as deficiências dos serviços de saúde ou corroborar aquelas que são tidas como exitosas (JORGE et al., 2008).

Para este estudo foram utilizadas pesquisas referentes à Análise Envoltória de Dados (DEA), conforme Tabela 1. Tal método permite comparar unidades de tomada de decisão e revelar a eficiência técnica dessas unidades. Essa comparação pode permitir que as unidades que sejam consideradas mais eficientes sejam modelo que auxiliem na melhora do desempenho das unidades menos eficientes. Outras análises que auxiliam na compreensão das unidades avaliadas, como o índice de Malmquist, detectam alterações de eficiência ao longo de um período, apontando possíveis mudanças de tecnologia e de eficiência técnica das organizações.

Além das aplicações de DEA em contextos similares ao do presente estudo, seu uso se justifica por três razões principais (RUGGIERO, 1999). Primeiramente, a DEA desenvolve uma função de fronteira empírica, o que significa que sua forma é determinada pelas unidades mais eficientes do conjunto de dados observados. Isso é especialmente útil quando se utilizam dados em que não se espera ruído estatístico e flexibilidade sobre a função de produção. Em segundo lugar, a colinearidade entre insumos não impacta nas estimativas feitas por DEA. Tal característica se apresenta como vantagem em situações em que os dados disponíveis apresentam alguma dependência entre si e não se quer perder informação pela exclusão de algum dos insumos. Por fim, DEA apresenta melhor capacidade de recuperação de eficiência quando se há amostras pequenas, em comparação com métodos paramétricos. Tal vantagem é consequência da natureza determinística da DEA, dado que, novamente, suas estimativas não são influenciadas por ruído estatístico, nesse caso, gerado pelos graus de liberdade.

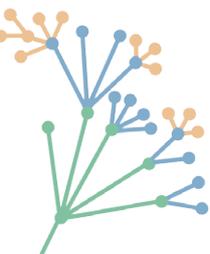
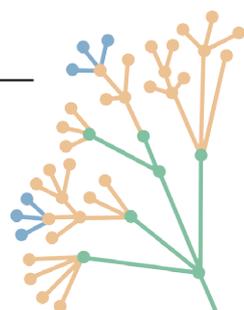


Tabela 1 – Publicações sobre eficiência de serviços em saúde

Autores	Região	Período	Variáveis	Conclusões
Campos et al. (2014)	Brasil	2008 a 2012	Despesa em saúde <i>per capita</i> , despesa total em saúde, percentual aplicado em recursos próprios em saúde.	Eficiência média dos serviços pesquisados, 83,70%. Norte e Centro-Oeste maior quantitativo de serviços ineficientes, abaixo de 70%. Recife, Aracaju, Vitória e Florianópolis obtiveram 100% de eficiência em todos os períodos.
Gonçalves et al. (2007)	Brasil	2000	Mortalidade, tempo médio de internação, perfil da doença, valor médio de internações.	Doenças do aparelho circulatório são responsáveis por 23,6% das internações, a taxa de mortalidade é de 10,3% das internações. Quatro capitais 100% eficientes (Teresina, Macapá, Goiânia e Palmas). Dez capitais com menos de 70% de eficiência.
Jorge et al. (2008)	Brasil	2002 a 2007	Hora-médico; custeio; exames; consultas; internações; produção científica; coorte; ensino e busca.	Presença de retornos crescentes de escala, aumento das atividades de ações integradas resultam em maior grau de eficiência no futuro.
Faria et al. (2008)	Brasil	-	Despesas <i>per capita</i> com “educação e cultura” e “saúde e saneamento”, taxa de alfabetização de 10 a 14 anos, proporção de domicílios particulares com esgotamento sanitário, inverso das taxas de mortalidade por causas hídricas, proporção de crianças matriculadas.	Definição das boas práticas e eficiência de políticas públicas: municípios de São Gonçalo, Japeri, Queimados, Cantagalo, São João de Meriti e Resende.
			de medicina, n. de residentes médicos, n. de mestrandos, n. de programas de pós-graduação, n. de funcionários não médicos, n. de médicos, receita média do SUS, n. de docentes, n. de docentes com doutorado.	aplicação de DEA. Apresentam condições de garantir aos gestores possibilidades de utilização da metodologia proposta para apoio à Política de Reestruturação de Hospitais de Ensino.
Varela et al. (2012)	Brasil (São Paulo)	2006	Despesas com atenção básica, ações de Enfermagem e outros procedimentos de saúde (nível médio); ações médicas básicas; ações básicas em odontologia; ações executadas por outros profissionais (nível superior); pessoas cadastradas pelo PSF e pessoas cadastradas pelo Pacs.	Seria possível aumentar a quantidade de serviços prestados à população sem acréscimo de dotações. Maior proporção de idosos torna os serviços mais caros. Densidade populacional e grau de urbanização aumentam a eficiência. Os cinco municípios paulistas considerados mais eficientes foram Tuiuti, Nova Guataporanga, Sabino, Lins e Santos.
Souza et al. (2008)	Brasil	2005	Recursos gastos com materiais diretos (odontológico) e gastos indiretos, serviços faturados e quantidade de pacientes efetivamente tratados.	É possível avaliar a eficiência relativa das unidades de decisões em instituições de saúde, de forma a utilizar DEA no processo decisório. A combinação estabelecida de <i>output/input</i> , gastos e receitas apresentou duas clínicas com máxima eficiência. Na segunda combinação, gastos e pacientes, somente duas clínicas eficientes. Esses dados podem auxiliar no processo de tomada de decisão quando o ordenador de despesa necessita alocar os recursos financeiros.



continuação

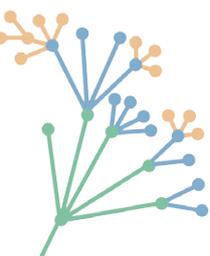
Cesconetto et al. (2008)	Santa Catarina (Brasil)	2003	Recursos humanos (médicos e equipe auxiliar de enfermagem); recursos materiais (n. de leitos conveniados ao SUS); recursos financeiros (valor total de AIH), nível de altas geradas por pacientes do SUS.	A maioria dos hospitais eficientes é filantrópica e de pequeno porte, porém, isso ocorreu em consequência da característica da amostra: 65% de hospitais filantrópicos e 71% de hospitais de pequeno porte. O número de altas poderia aumentar em 15% caso os recursos fossem utilizados de maneira eficiente pela rede hospitalar em estudo. Em relação aos recursos humanos, o número de médicos, técnicos de enfermagem e auxiliares de enfermagem poderia ser reduzido em 25%.
Fonseca et al. (2009)	Minas Gerais (Brasil)	2006	Tipos de estabelecimento de saúde; tipos de equipamentos; categorias profissionais; famílias acompanhadas por programas de atenção básica; produção laboratorial.	O desempenho das microrregiões na otimização de recursos é bom, em razão de a maior parte das microrregiões apresentarem escores superiores à média. Porém, percebe-se alta disparidade intrarregional, pois os altos desvios-padrão apontam para disparidades na gestão dos recursos da saúde. Há um conjunto de microrregiões com desempenho máximo, e um grupo grande de microrregiões com baixo desempenho.

Fonte: elaborado pelos autores

2 MÉTODO

O modelo DEA utilizado para avaliar a eficiência do imunobiológico contra hepatite B foi o envoltório BCC e o envoltório CCR, ambos com orientação a insumos. Os dados utilizados foram montados de acordo com informações coletadas do SI-PNI, programa de gerenciamento de informações estatísticas do PNI, e do Sinan, sistema que gerencia as notificações recebidas de casos de doenças ou agravos. As informações relativas a quantitativo adquirido foram fornecidas pelo Departamento de Logística em Saúde – DLOG; para todos os dados utilizou-se o período de 2009 a 2013.

Ressalta-se que as informações disponíveis sobre quantitativo adquirido continham apenas o total comprado pelo MS, não se teve acesso ao quantitativo que o Ministério distribuiu para cada Unidade Federativa. Assim, como forma de mensurar esse dado, calculou-se a proporção do público-alvo de cada UF em relação ao público-alvo nacional e aplicou-se ao quantitativo de doses adquiridas, admitindo-se que a distribuição seguiu uma lógica de proporcionalidade, o público-alvo dessa vacina são crianças menores de cinco anos. Para esse cálculo considerou-se a expectativa populacional divulgada pelo IBGE no ano de 2013 por faixa etária e UF. Outra variável utilizada foi “prejuízo de doses”, esse dado não estava disponível e inferiu-se a partir da diferença entre as doses recebidas e as doses efetivamente aplicadas. Os insumos são: quantidade de doses aplicadas; e quantidade de doses recebidas. Os produtos são: cobertura vacinal; número de notificações de casos de hepatite B; e prejuízo de doses.



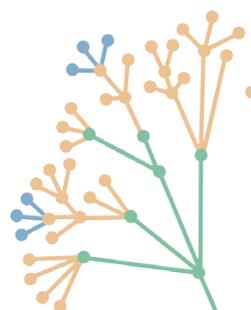
A análise orientou-se para insumos, ou seja, avaliou-se a possibilidade do PNI proporcionar a mesma cobertura vacinal e contenção de casos de hepatite B utilizando menos doses da vacina. Escolheu-se essa orientação pela necessidade de contenção de gastos em períodos de ajuste fiscal e pela indicação de órgãos de controle sobre a necessidade de se reavaliar os gastos do PNI em virtude do prejuízo que existe de doses de vacinas adquiridas e não aplicadas.

O *software* utilizado para calcular a Análise Envoltória e o Índice de Malmquist foi o MaxDEA Pro 6.4. O período escolhido para análise das informações sobre a vacinação contra hepatite B foi dos anos de 2009 a 2013. Para isso considerou-se todas as Unidades Federativas brasileiras como unidades de tomada de decisão, totalizando 27 DMUs.

Após a aplicação do método DEA, as UFs foram ranqueadas em ordem decrescente, a partir da média geométrica de suas eficiências de todos os anos. A fim de evitar uma desnecessária extensão da análise, as ineficiências e as possíveis soluções serão apontadas somente para o último ano, 2013. Após essa etapa, será aplicado o Índice de Malmquist, a fim de verificar se houve melhoria ou piora na eficiência ao longo do período analisado.

2.1 O ESTUDO DE EFICIÊNCIA E O MODELO DEA

O conceito de eficiência é relativo dado que é gerado pela comparação feita tanto entre unidades produtivas quanto entre o ideal de produção e o resultado real produtivo (MEZA et al., 2005). Em Ferreira e Gomes (2009) e Meza et al. (2005), há a diferenciação entre produtividade, eficiência e eficácia, conforme o Quadro 1.



Quadro 1 – Diferença entre produtividade, eficiência e eficácia

Produtividade	<p>Relação entre produtos e insumos: quanto menos insumos são usados para gerar um produto, mais produtiva é a relação.</p> $Produtividade = \frac{Produtos}{Insumos}$
Eficiência	<p>Eficiência técnica: não envolve valores monetários para descrever as variáveis. Consiste na obtenção da máxima produção por meio dos insumos disponíveis.</p> <p>Eficiência alocativa: envolve valores monetários para descrever as variáveis. Define-se pela utilização dos insumos de forma ótima e também com os menores custos possíveis, dados os preços dos insumos.</p>
Eficácia	<p>Capacidade de atender aos objetivos. Não se relaciona com a maneira como o processo foi realizado; eficácia não implica eficiência.</p>

Fonte: Ferreira e Gomes (2009) e Meza et al. (2005)

Para este artigo foi verificada a eficiência de unidades produtivas por meio de modelos não paramétricos. Os modelos não paramétricos consideram que a fronteira de eficiência é formada pelos maiores resultados entre as unidades de produção observadas (MEZA et al., 2005). Farrell (1957) afirma que é mais eficaz para uma organização comparar o desempenho de suas unidades de produção com as suas unidades que demonstrem os melhores desempenhos que as demais.

A Análise Envoltória de Dados (DEA) otimiza individualmente cada unidade tomadora de decisão (DMU). O objetivo da otimização é determinar uma fronteira de eficiência usando apenas as unidades de decisão que apresentam eficiência Pareto-Koopmans, onde a razão entre produto e insumo é igual a 1 para haver eficiência. Segundo Coelli et al. (2005), há a possibilidade de as DMUs que se encontram na fronteira de eficiência reduzirem seus insumos ou aumentarem seus produtos, essa possibilidade é chamada de "folga". As DMUs que possuem folgas e que estão na fronteira de eficiência têm eficiência fraca; as que não possuem folgas têm eficiência forte (FERREIRA; GOMES, 2009).

As eficiências técnicas das DMUs são obtidas pela otimização da divisão da soma ponderada de produtos pela soma ponderada de insumos. Essa ponderação é feita por meio de Programação Linear aplicada a cada DMU (MEZA et al., 2005), sendo, em DEA, a eficiência avaliada com o foco em insumos ou em produtos. O foco em insumos procura verificar o quanto os insumos podem ser reduzidos, enquanto se mantém a mesma quantidade produzida. Já no foco em produtos, verifica-se o quanto se pode aumentar na produção mantendo-se o mesmo nível de insumos.



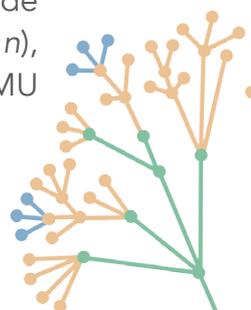
Segundo Meza et al. (2005), a ponderação para calcular a eficiência das DMUs ocorre de forma mais benevolente possível, ou seja, cada DMU pode definir o peso das variáveis de produtos e de insumos para gerar o maior resultado possível da divisão. Aplicado para a eficiência de cada DMU, sendo E_{FO} a eficiência da DMU observada dentro de um conjunto k de DMUs ($k = 1, 2, \dots, n$), sendo y_{jk} os produtos ($j = 1, 2, \dots, m$), x_{ik} os insumos ($i = 1, 2, \dots, r$), u_j os pesos dos produtos e v_i os pesos dos insumos:

$$\begin{aligned} \text{Max } E_{FO} &= \frac{\sum_{j=1}^m u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} & (1) \\ \text{Sujeito a } & \frac{\sum_{j=1}^m u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, \forall k; \\ & u_j, v_i \geq 0, \forall i, j. \end{aligned}$$

A solução da programação matemática acima gera resultados para os pesos u e v , que são as variáveis de decisão, e apontam o quanto se deve utilizar de cada insumo ou produzir de cada produto. Contudo, os pesos serão os mesmos para todas as DMUs, o que não corresponde à realidade, pois cada DMU utiliza insumos de produtos de forma diferente. Ademais, esse PPL permite infinitas possibilidades, pois se u^* e v^* são os pesos ótimos, zu^* e zv^* também o são, isso significa que pode haver vários resultados para um mesmo problema (FERNANDES, 2014). No entanto, o modelo de Charnes et al. (1987) estrutura o PPL de maneira que a eficiência da DMU observada seja comparada com as demais DMUs. O modelo a seguir chama-se modelo de retornos constantes de escala (CCR ou CRS, *Constant Returns to Scale*), com orientação a insumos, em que y_{j_0} e x_{i_0} são respectivamente insumos e produtos da DMU observada:

$$\begin{aligned} \text{Max } E_{FO} &= \sum_{j=1}^m u_j y_{j_0} & (2) \\ \text{Sujeito a: } & \sum_{i=1}^r v_i x_{i_0} = 1; \quad \sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k; \\ & u_j, v_i \geq 0, \forall i, j. \end{aligned}$$

Ferreira e Gomes (2009) mostram que no CCR a inclinação da fronteira de eficiência, também chamada de Curva de Possibilidades de Produção (CPP), será igual ao resultado da divisão entre produto e insumo de DMUs eficientes, que será o mesmo resultado para todas as DMUs eficientes. O modelo CCR de multiplicadores (2.2) possui sua forma dual, essa forma é denominada Envolvória, também com orientação a insumos. Abaixo, tem-se a modelagem do modelo Envolvório de DEA CCR, voltada para insumos, em que k é o conjunto de DMUs ($k = 1, 2, \dots, n$), θ é a eficiência técnica do uso de insumos, x_{i_0} é o insumo i ($i = 1, 2, \dots, r$) da DMU



observada (avaliada), y_{jo} ($j = 1, 2, \dots, m$) é o produto j da DMU observada e λ_k é o vetor que define a contribuição da DMU $_o$, na formação da fronteira eficiente, e que define o alvo para insumos ou produtos da DMU observada:

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta & (3) \\ \text{Sujeito a: } & \theta x_{io} - \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik} \geq 0, \forall i; \sum_{k=1}^n \lambda_k y_{jk} - y_{jo} \geq 0, \forall j; \\ & \lambda_k \geq 0, \forall k. \end{aligned}$$

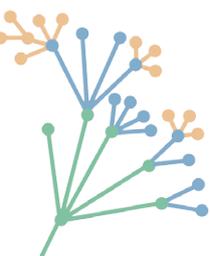
Conforme Souza (2003), há críticas a respeito da natureza determinística da abordagem DEA, pois não considera erros de medida e ruídos na determinação da fronteira, assim, os desvios da fronteira resultam de ineficiência técnica e de causas que estão sob controle da DMU. Por outro lado, a DEA é útil ao setor público ou atividades com baixa competição, pois nessas situações não há mecanismo de liquidação que expõem rapidamente as unidades ineficientes, como a falência de empresas particulares. O modelo DEA permite a utilização de múltiplos insumos e produtos, o que atende à situação das organizações públicas, que oferecem bens e serviços produzidos por múltiplos insumos (ROSANO-PEÑA, 2012; FERREIRA; GOMES, 2009; COELLI et al., 2005). Ademais, não requer que todas as variáveis sejam transformadas para uma mesma unidade de medida, o que aumenta a confiabilidade do modelo.

2.2 ÍNDICE DE MALMQUIST

O índice de Malmquist mensura a mudança ocorrida na eficiência de uma firma entre dois períodos de tempo distintos, por meio do cálculo entre a distância de cada ponto de eficiência (COELLI et al., 2005). Em Färe et al. (1994), esse índice foi utilizado com DEA e essa aplicação conjunta é conhecida como Fator de Produtividade Total (FTP).

Esse índice é composto pela mudança na eficiência técnica e pela mudança na tecnologia disponível (KIRCHNER, 2013). Considerando orientação a insumo, a primeira mudança consiste na diminuição dos insumos utilizados por uma DMU ao longo do tempo, causando deslocamento de uma DMU ao longo da curva de possibilidades de produção (CPP) ou dentro da área curva, esse movimento é chamado *catch-up*. A segunda mudança consiste no uso de menos recursos que foi proporcionado por um avanço tecnológico, causando deslocamento de toda a CPP, chamado de *frontier-shift* (COELLI et al., 2005; FERREIRA; GOMES, 2009). O cálculo do índice depende do cálculo da eficiência técnica calculada por DEA. Além disso, a equação do índice também varia conforme a orientação usada em DEA.

A mudança na eficiência técnica (*catch-up*) é representada pela modelagem abaixo, em que θ_o^t é a eficiência da DMU o no tempo t , calculada com a modelagem



DEA, x_o^t e y_o^t são o insumo e o produto da DMU o, respectivamente, no tempo t, e t+1 é o período seguinte:

$$\text{Mudança na eficiência técnica} = \frac{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)}{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \tag{4}$$

A mudança na tecnologia disponível segue na modelagem abaixo, em que θ_o^{t+1} é a eficiência da DMU o no tempo seguinte, x_o^{t+1} e y_o^{t+1} são os insumos e os produtos da DMU o no período seguinte:

$$\text{Mudança na tecnologia} = \left[\frac{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \cdot \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)}{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{5}$$

O índice de Malmquist resulta do produto da mudança na eficiência técnica e da mudança na tecnologia:

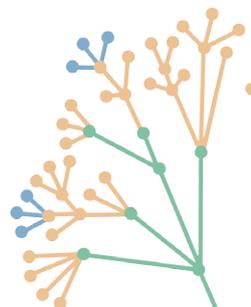
$$\text{Índice de Malmquist} = \frac{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)}{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \times \left[\frac{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \cdot \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)}{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{6}$$

O Quadro 2 revela as interpretações para o índice de Malmquist aplicado ao DEA com orientação a insumos:

Quadro 2 – Interpretações do resultado do índice de Malmquist

Índice	Período crescente t para t+1	Período decrescente t+1 para t	Interpretação
Índice de Malmquist (IM)	IM < 1	IM > 1	Melhoria da produtividade
	IM = 1	IM = 1	Manutenção da produtividade
	IM > 1	IM < 1	Piora da produtividade
Mudança na tecnologia (IT)	IT < 1	IT > 1	Melhoria da tecnologia
	IT = 1	IT = 1	Manutenção da tecnologia
	IT > 1	IT < 1	Piora da tecnologia
Mudança na eficiência técnica (IE)	IE < 1	IE > 1	Melhoria da eficiência
	IE = 1	IE = 1	Manutenção da eficiência
	IE > 1	IE < 1	Piora da eficiência

Fonte: Ferreira e Gomes (2009)



3 RESULTADOS

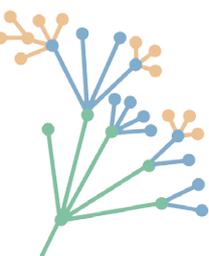
O modelo DEA CCR foi aplicado a 27 DMUs. Na Tabela 2 estão representadas todas as Unidades Federativas com a respectiva eficiência ano após ano. Em seguida, na Figura 1, optou-se por expor os resultados obtidos no modelo DEA CCR apenas para aquelas UFs que apresentaram a menor geométrica de eficiência no período 2009 a 2013.

Tabela 2 – Eficiência DEA CCR temporal 2009 a 2013

DMU	Unidade Federativa	2009	2010	2011	2012	2013	Média geométrica
DMU 1	Acre	1	1	1	1	1	1
DMU 2	Alagoas	0,731515	0,891654	0,973494	0,583941	0,460907	0,718361
DMU 3	Amazonas	1	0,887384	1	1	1	0,997461
DMU 4	Amapá	0,852556	0,893361	1	0,979655	1	0,963342
DMU 5	Bahia	0,973862	0,947906	0,888391	0,610451	0,46471	0,747068
DMU 6	Ceará	0,77485	0,855468	0,802417	0,108003	0,213056	0,423792
DMU 7	Distrito Federal	0,416402	0,576626	0,799611	0,280218	0,333929	0,447597
DMU 8	Espírito Santo	0,922977	0,55221	0,969155	0,830011	0,46049	0,798938
DMU 9	Goiás	0,781314	0,839063	0,893817	0,443568	0,176956	0,542731
DMU 10	Maranhão	0,921121	0,898549	0,909431	0,527731	0,538975	0,740338
DMU 11	Mato Grosso	0,876919	0,881107	0,949497	0,739256	0,504119	0,771567
DMU 12	Mato Grosso do Sul	0,544118	0,81858	0,838302	0,378878	0,347431	0,547426
DMU 13	Minas Gerais	0,951309	0,860382	0,962329	0,713408	0,318529	0,725081
DMU 14	Pará	0,944928	1	0,997036	0,858688	0,704809	0,893724
DMU 15	Paraíba	0,259177	0,839827	0,920549	0,692639	0,583199	0,611864
DMU 16	Paraná	0,931322	0,950714	0,939037	0,851491	0,659715	0,858764
DMU 17	Pernambuco	0,754674	0,867979	0,938235	0,516954	0,61541	0,737412
DMU 18	Piauí	0,919599	0,983885	0,906273	0,622993	0,489023	0,757714
DMU 19	Rio de Janeiro	0,773822	0,809863	0,934005	0,59728	0,513709	0,719527
DMU 20	Rio Grande do Norte	0,703849	0,720591	0,885029	0,388677	0,396031	0,585988
DMU 21	Rio Grande do Sul	0,789975	0,872054	0,968554	1	0,59317	0,830791
DMU 22	Rondônia	0,814365	0,883863	0,974301	0,889571	0,680093	0,860675
DMU 23	Roraima	0,387443	1	1	1	1	0,827259
DMU 24	Santa Catarina	1	1	1	1	0,445421	0,850656
DMU 25	São Paulo	0,684742	0,848709	0,889521	0,403715	0,259502	0,558125
DMU 26	Sergipe	0,765654	0,773563	0,852843	0,703556	0,419152	0,683692
DMU 27	Tocantins	1	1	1	1	0,667937	0,922459
	Média	0,762682	0,807962	0,931045	0,630778	0,502702	0,727855

Fonte: dados da pesquisa.

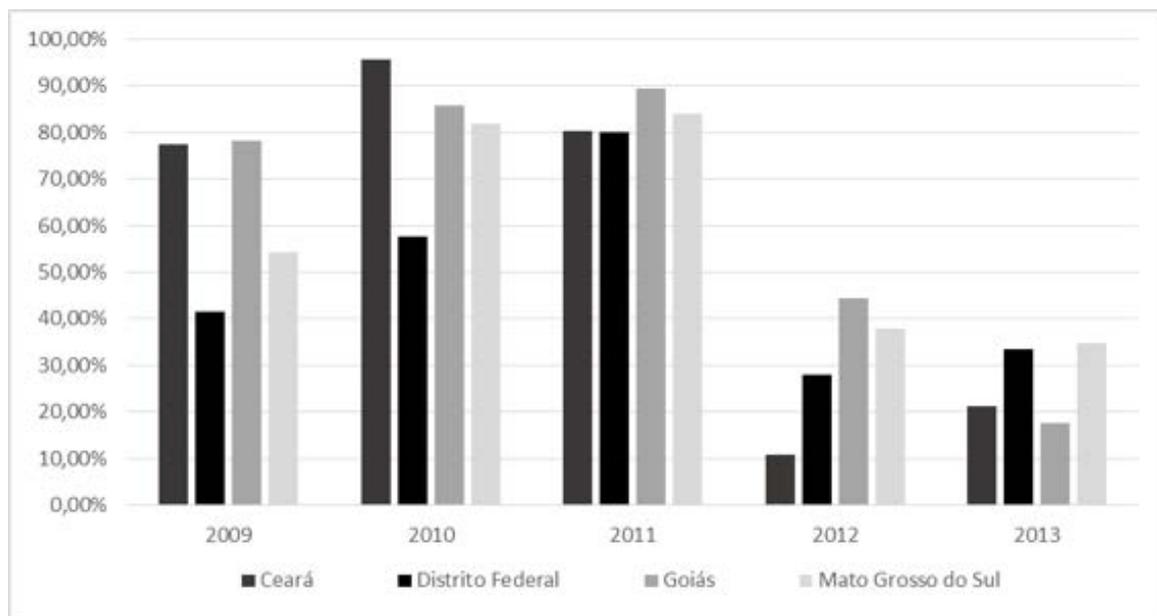
Na Tabela 2, observa-se que apenas a DMU 1, Acre, apresentou eficiência 100% durante todo o período analisado. No último ano observado, 2013, quatro DMUs conseguiram alcançar eficiência máxima, mesmo número apresentado no primeiro



ano, 2009. Ressalta-se, porém, que nem todas as DMUs com eficiência máxima no ano de 2009 mantiveram o mesmo patamar em 2013, apenas a DMU 1 e 3, respectivamente Acre e Amapá. Em relação às DMUs que estavam na condição máxima de eficiência em 2009 e não alcançaram essa condição em 2013, destaca-se Santa Catarina e Tocantins, que mantiveram 100% de eficiência durante o período 2009 – 2012, porém, tiveram redução abrupta da sua eficiência no ano de 2013.

Na análise dos dados da tabela, a única DMU que seguiu um movimento crescente de eficiência ao longo de todo o período analisado foi a DMU 23, Roraima, que apresentou eficiência 38% em 2009 e 100% em todos os outros anos. A DMU 23, assim como a DMU 4, Amazonas, foram as únicas que não observaram redução significativa de eficiência em 2012 e 2013. As DMUs 1 e 3, respectivamente, Acre e Amapá, registraram em 2013 a mesma eficiência alcançada em 2009. Somente três DMUs (4, 15 e 23, respectivamente Amazonas, Paraíba e Roraima) finalizaram o período com eficiência superior ao início da série histórica. A Figura 1 demonstra os dados da variação de eficiência no período (2009-2013) para as quatro DMUs que apresentaram a menor média geométrica de eficiência.

Figura 1 – Eficiência DEA CCR temporal 2009 – 2013



Fonte: dados da pesquisa.

Na Figura 1, percebe-se a redução generalizada de eficiência que ocorreu nos anos de 2012 e 2013. Todas as DMUs ilustradas na figura apresentaram em 2013 eficiência inferior ao primeiro ano, a DMU 6 e 9, respectivamente Ceará e Mato Grosso do Sul, apresentaram no último ano eficiência inferior à metade da percebida em 2009. Buscando ranquear as DMUs, calculou-se a média geométrica dos cinco anos das eficiências obtidas para cada DMU. Com base nessa média montou-se a Tabela 3.

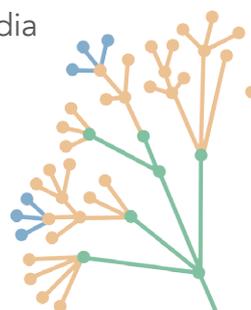


Tabela 3 – Ranking da média de eficiência temporal

DMU	Unidade Federativa	Média eficiência	Ranking
1	Acre	1	1º
3	Amapá	0,997464	2º
4	Amazonas	0,963342	3º
27	Tocantins	0,922459	4º
14	Pará	0,893724	5º
22	Rondônia	0,860675	6º
16	Paraná	0,858764	7º
24	Santa Catarina	0,850656	8º
21	Rio Grande do Sul	0,830791	9º
23	Roraima	0,827259	10º

Fonte: dados da pesquisa

Observa-se que da 2ª à 4ª posição, todas as DMUs estão com eficiência acima de 90%. O estado de Roraima, DMU 23, que apresentou a menor eficiência no ano de 2009, 38%, conseguiu uma média de 82% de eficiência no período e logrou o 10º lugar no ranking das maiores eficiências.

Projetou-se a variação de insumos para a quantidade de doses aplicadas e quantidade de doses compradas que as UFs devem utilizar para alcançar 100% de eficiência. De acordo com o esperado, o modelo indicou necessidade de variação nas doses aplicadas para todas as DMUs que obtiveram eficiência abaixo de 100% no ano de 2013, o mesmo ocorreu em relação ao quantitativo de doses compradas. As Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados dessas projeções feitos com o modelo CCR de DEA, para o ano de 2013.

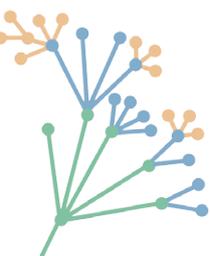


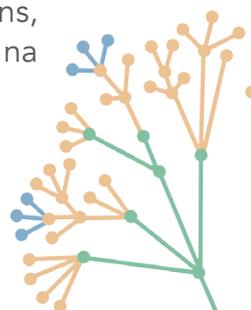
Tabela 4 – Projeção de redução na quantidade de doses aplicadas, DEA CCR, ano 2013

Ano	DMU	Eficiência DEA CCR	Alteração sugerida	Folga	Projeção
2013	Alagoas	0,460907	-167248,1993	-48388,984	94602,8168
	Bahia	0,46471	-656574,4285	-189184,49	380817,077
	Ceará	0,213056	-656484,3749	-75373,491	102362,134
	Distrito Federal	0,333929	-235329,0012	-42606,224	75373,775
	Espírito Santo	0,46049	-156362,9627	-40018,698	93442,3394
	Goiás	0,176956	-483902,0754	-25879,792	78160,1323
	Maranhão	0,559975	-298357,0735	-111746,67	267941,257
	Mato Grosso do Sul	0,347431	-170821,6671	-11951,958	78994,3748
	Mato Grosso	0,504119	-134206,1733	-38360,347	98075,4793
	Minas Gerais	0,319529	-1075446,916	-193597,51	311399,573
	Pará	0,704809	-204045,9957	-105904,91	381282,093
	Paraíba	0,583199	-127500,6439	-49694,754	128707,602
	Paraná	0,659715	-242777,139	-102476,4	368199,464
	Pernambuco	0,61541	-266228,884	-112468,86	313542,258
	Piauí	0,489023	-136533,1541	-42599,673	88067,1733
	Rio de Janeiro	0,513709	-509844,2238	-166100,54	372489,238
	Rio Grande do Norte	0,396031	-171893,0868	-40800,495	71912,4185
	Rio Grande do Sul	0,59317	-273962,94	-101651,34	297794,719
	Rondônia	0,680093	-43528,457	-17695,652	74841,8909
	Santa Catarina	0,445421	-263427,7008	-59155,811	152421,488
	São Paulo	0,259502	-2549708,715	-338232,74	555294,544
	Sergipe	0,419152	-118617,7736	-20785,628	64811,5984
	Tocantins	0,667937	-41650,94319	-17552,165	66227,8922

Fonte: dados da pesquisa

Observou-se sugestão de alteração no quantitativo de “doses aplicadas” para que seja alcançada a fronteira de eficiência em todas as 23 DMUs que não são 100% eficiente. Também se observou recomendação de cortes na condição “folga” (*slack*, em inglês), ou seja, estão em excesso, para todas essas DMUs. A condição folga indica que poderia ser reduzido aquele insumo e ainda assim seria mantida a eficiência já observada. Podem ocorrer que mesmo as DMUs que se encontrem na fronteira de eficiência estejam em condição de folga, mas não, isso não foi indicado no presente estudo.

As maiores reduções sugeridas para o alcance da fronteira de eficiência foram observadas no estado de São Paulo, 2.549.709, e Minas Gerais, 1.075.447. As menores reduções necessárias são para o estado de Roraima, 43.529 doses, e Tocantins, 41.651. Isso evidencia que em quase todos os estados é necessária a redução na



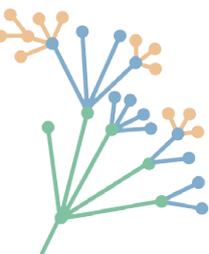
quantidade de doses aplicadas para que seja alcançada a fronteira de eficiência. Em relação às folgas, os estados em que se percebeu que pode ser mantida a mesma eficiência com menor necessidade de redução de “doses aplicadas” foram Mato Grosso do Sul, 11.952, e Tocantins, 17.553.

Tabela 5 – Projeção de redução na quantidade de doses compradas, DEA CCR, ano 2013

Ano	DMU	Eficiência DEA BCC	Alteração sugerida	Folga	Projeção
2013	Alagoas {2013}	0,460907	-215637,1832	0	184362,817
	Bahia {2013}	0,46471	-845758,9232	0	734241,077
	Ceará {2013}	0,213056	-731857,8657	0	198142,134
	Distrito Federal {2013}	0,333929	-181171,4061	0	90828,5939
	Espírito Santo {2013}	0,46049	-196381,6606	0	167618,339
	Goiás {2013}	0,176956	-509781,8677	0	109604,132
	Maranhão {2013}	0,559975	-410103,7431	0	521896,257
	Mato Grosso do Sul {2013}	0,347431	-181523,7978	0	96644,2022
	Mato Grosso {2013}	0,504119	-172566,5207	0	175433,479
	Minas Gerais {2013}	0,319529	-1269044,427	0	595904,573
	Pará {2013}	0,704809	-309950,9073	0	740049,093
	Paraíba {2013}	0,583199	-177195,3977	0	247936,602
	Paraná {2013}	0,659715	-345253,5357	0	669348,464
	Pernambuco {2013}	0,61541	-378697,7421	0	605980,258
	Piauí {2013}	0,489023	-179132,8267	0	171436,173
	Rio de Janeiro {2013}	0,513709	-675944,7624	0	714055,238
	Rio Grande do Norte {2013}	0,396031	-212693,5815	0	139466,419
	Rio Grande do Sul {2013}	0,59317	-375614,2813	0	547656,719
	Rondônia {2013}	0,680093	-61224,10911	0	130156,891
	Santa Catarina {2013}	0,445421	-322583,5118	0	259089,488
São Paulo {2013}	0,259502	-2887941,456	0	1012058,54	
Sergipe {2013}	0,419152	-139403,4016	0	100596,598	
Tocantins {2013}	0,667937	-59203,10776	0	119085,892	

Fonte: dados da pesquisa

Em relação ao quantitativo de doses compradas, não foi observado indicativo de folga em nenhuma DMU. As Unidades Federativas não parecem ter sua ineficiência ligada ao quantitativo comprado, mas, sim, às doses aplicadas. Observou-se, porém, sugestão de alteração nos insumos para o alcance da fronteira de eficiência. Novamente as UFs que apresentaram as maiores necessidades de redução são Minas Gerais e São Paulo e as menores são Roraima e Tocantins. Apesar da necessidade de modificação nos insumos de algumas DMUs no ano de 2013, é interessante verificar se ocorreram melhorias na utilização desses insumos ao longo



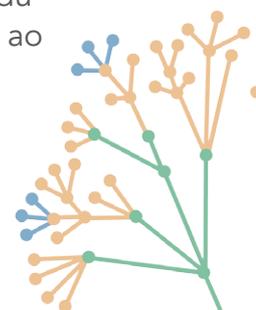
do período analisado. Dessa forma, o índice de Malmquist revela variações na eficiência ao longo do tempo. A Tabela 6 indica o índice global Malmquist aplicado ao modelo CCR para todos os anos.

Tabela 6 – Índice global de Malmquist aplicado ao modelo DEA CCR

DMU	Índice de Malmquist de 2009 para 2010	Índice de Malmquist de 2010 para 2011	Índice de Malmquist de 2011 para 2012	Índice de Malmquist de 2012 para 2013	Média geométrica
DMU 1	0,535513	0,702741	2,46194	1,445914	1,075836
DMU 2	1,527977	1,18732	0,455869	1,039499	0,962913
DMU 3	0,62043	0,993439	1,603855	1,048756	1,009377
DMU 4	1,386967	1,194217	0,561873	1,491757	1,085479
DMU 5	1,243291	1,136841	0,372722	0,972031	0,84593
DMU 6	1,517471	1,016488	0,267221	0,976674	0,800453
DMU 7	0,716423	1,574233	0,838856	1,163198	1,024224
DMU 8	1,185	1,184826	0,867822	1,02082	1,056059
DMU 9	1,294264	1,242987	0,461849	1,070059	0,944277
DMU 10	1,229682	1,225158	0,32729	1,29127	0,89329
DMU 11	1,010184	1,211944	0,845156	0,994652	1,035773
DMU 12	0,903384	1,180416	0,864619	1,136885	1,011841
DMU 13	1,265128	1,217189	0,396505	0,603695	0,779184
DMU 14	1,344294	1,207223	0,455317	1,053602	0,939329
DMU 15	1,778813	1,246015	0,494934	1,077424	1,04267
DMU 16	1,200983	1,121725	0,939956	1,077967	1,080891
DMU 17	1,620394	1,173407	0,307784	1,48739	0,965606
DMU 18	1,276973	1,110154	0,556913	1,025132	0,948028
DMU 19	1,375994	1,300345	0,363743	1,070918	0,913706
DMU 20	1,146773	1,475573	0,600992	0,923573	0,984452
DMU 21	1,274764	1,298498	0,728301	1,036864	1,057367
DMU 22	0,721683	1,115997	1,357992	1,221483	1,075059
DMU 23	2,257652	0,534959	2,419887	0,975876	1,356132
DMU 24	0,838522	1,082344	1,401708	0,859865	1,022685
DMU 25	1,468894	1,252185	0,474501	0,85807	0,930261
DMU 26	0,895354	1,334674	0,912208	1,03483	1,030584
DMU 27	0,883002	1,136073	1,012112	1,170963	1,044203

Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se que houve uma redução na eficiência da maioria das DMUs. De 2012 para 2013 oito DMUs apresentaram melhoria na produtividade: 5; 6; 11; 13; 20; 23; 24 e 25; (Bahia, Ceará, Mato Grosso, Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Roraima, Santa Catarina e São Paulo). Com base na média geométrica, que fornece um resultado geral de cada DMU no período, observou-se que 12 DMUs apresentaram aumento na produtividade, não houve casos de manutenção da produtividade no período. As demais, 15 DMUs, diminuíram suas eficiências globais ao longo do período.



Para compreender melhor os resultados sobre evolução de eficiência, o índice de Malmquist foi decomposto e verificou-se como ocorreram as mudanças relativas à eficiência técnica e mudança na tecnologia (*catch-up* e *frontier-shift*, respectivamente). Nas Tabelas 7 e 8 estão descritas as médias geométricas da decomposição do índice de Malmquist. Em função do elevado número de DMUs deste estudo, optou-se em realizar a decomposição do índice de Malmquist apenas para aquelas 12 unidades que apresentaram aumento médio de produtividade no período.

A Tabela 7 demonstra que todas as DMUs que obtiveram ganho de produtividade médio no período apresentaram elevação na média da eficiência técnica. As únicas DMUs com ganho de produtividade no período e que em algum momento apresentaram eficiência de 100% foram a DMU 23, Roraima, e a DMU 24, Santa Catarina. Na Tabela 8 observa-se que nenhuma DMU dentre as que tiveram aumento de produtividade alcançaram elevação na tecnologia, todos obtiveram redução, pode-se dizer que o aumento de eficiência deu-se em função do incremento de eficiência técnica e não do incremento de tecnologia. De todas as 27 DMUs analisadas neste estudo a única que observou aumento médio da tecnologia segundo o índice de Malmquist foi a DMU 15, Paraíba, que não está entre as que obtiveram ganho de produtividade.

Tabela 7 – Média geométrica da mudança na eficiência técnica: índice de Malmquist aplicado à DEA CCR

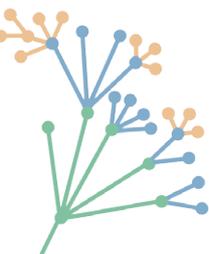
DMU	Média geométrica: mudança na eficiência
13	0,761284
6	0,724134
5	0,831134
10	0,883004
19	0,902649
25	0,78461
14	0,929326
9	0,689858
18	0,85395
2	0,890929
17	0,950279
20	0,866089

Fonte: dados da pesquisa

Tabela 8 – Média geométrica da mudança na tecnologia: índice de Malmquist aplicado à DEA CCR

DMU	Média geométrica: mudança na tecnologia
13	1,023512
6	1,105394
5	1,017802
10	1,011649
19	1,012249
25	1,185635
14	1,010764
9	1,368798
18	1,110167
2	1,080797
17	1,016445
20	1,136664

Fonte: dados da pesquisa



4 CONCLUSÃO

O uso de Análise Envoltória de Dados em conjunto com o índice de Malmquist para avaliar a eficiência das Unidades Federativas na aplicação da vacina contra hepatite B concilia a teoria acadêmica com a prática de gerenciamento do serviço público, e deixa transparecer como esses modelos podem ser difundidos e aplicados aos mais diversos ramos da administração pública, auxiliando na melhoria das rotinas de trabalho e no alcance do princípio da eficiência da administração pública.

O modelo CCR utilizado demonstrou-se capaz de auferir a eficiência na distribuição das vacinas contra hepatite B, apesar da necessidade de ajustes nos dados e variáveis utilizadas. Essas dificuldades se devem à complexidade que é trabalhar com dados de saúde em função das diversas interações que podem vir a ocorrer e das eventuais subnotificações de doses aplicadas ou de casos de doença. Apesar disso, entende-se que esse modelo pode ser utilizado pelo PNI na avaliação da eficiência de outros imunobiológicos do programa de vacinação.

De acordo com o objetivo geral proposto, em verificar a eficiência do imunobiológico contra hepatite B na redução das notificações dessa doença nas UFs, foram levantados os índices de eficiência gerados com base nos dados dos relatórios estatísticos do PNI, com os modelos DEA CCR. O modelo CCR se adequou melhor aos dados fornecidos. O índice de Malmquist complementou o que se observou no modelo DEA.

Outro ponto avaliado refere-se à verificação da variação de eficiência ao longo do período (2009-2013), nesse caso foi levantado o índice de Malmquist, o qual revelou que para os anos de 2009 a 2013 o índice de eficiência técnica elevou-se para 22 DMUs e manteve-se estável em 2. Em relação à tecnologia, apenas uma DMU teve incremento; todas as outras auferiram redução. Na média geral, houve aumento de eficiência técnica e redução de tecnologia.

O método de Análise Envoltória de Dados permitiu elencar as DMUs de acordo com o nível de eficiência, comparando o desempenho entre as Unidades Federativas. Essa análise permitiu ainda que se verificassem as reduções necessárias nos insumos para que se alcançasse a fronteira de eficiência. Além de desvendar reduções que permitam o alcance da eficiência máxima, também informou as "folgas" existentes, ou seja, quantidades de insumos que estão sendo utilizadas a mais e não estão auxiliando no ganho de eficiência. O índice de Malmquist revelou as DMUs que tiveram melhora, manutenção e redução na produtividade e quanto dessa produtividade deve-se à variação da eficiência técnica ou da tecnologia.

Destaca-se, porém, que este trabalho foi feito de forma restrita em função da dificuldade de acesso a algumas informações, como a pauta de distribuição para cada Unidade Federativa que foi apenas mensurada. Na análise prévia dos dados percebeu-se um grande número de doses que foram adquiridas e não foram aplicadas, não se conseguiu confirmar se essa diferença (tida como prejuízo) de



fato ocorre ou se o sistema tem problemas de alimentação das informações sobre doses efetivamente aplicadas.

Dessa forma, sugere-se que seja considerada a possibilidade de expansão deste estudo para outros imunobiológicos do PNI com as devidas evoluções e correções necessárias que não foram abrangidas por este trabalho, inclusive quanto à inclusão ou exclusão de outros *inputs* e *outputs* e que sejam inseridas mais informações sobre como se dá a distribuição e administração desses insumos na política de vacinação.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, G. H. I. et al. Uso de análise envoltória de dados para mensurar eficiência temporal de rodovias federais concessionadas. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 1, p. 37-56, jan 2012.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BOUERI, R.; ROCHA, F.; RODOPOULOS, F. **Avaliação da Qualidade do Gasto Público e Mensuração da Eficiência**. Brasília, Secretaria do Tesouro Nacional, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Programa Nacional de Imunizações: aspectos históricos dos calendários de vacinação e avanços dos indicadores de coberturas vacinais, no período de 1980 a 2013. **Boletim Epidemiológico**, Brasília, v. 46, n. 30, 2015.

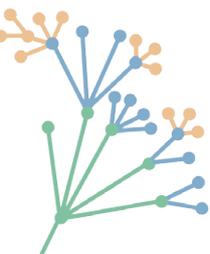
_____. Secretaria de Vigilância em Saúde. Programa Nacional de Imunizações 30 anos. Brasília, Ministério da Saúde, 2003.

_____. **Constituição Federal**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>., 1988.

_____. Lei n. 8.080, de 19 de setembro de 1990: dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, v. 128, n. 182, 1990.

_____. **Lei n. 6259, de 30 de outubro de 1975**: dispõe sobre a organização das ações de Vigilância Epidemiológica, sobre o Programa Nacional de Imunizações, estabelece normas relativas à notificação compulsória de doenças

BUENO, M. M.; MATIJASEVICH, A. Avaliação da cobertura vacinal contra hepatite B nos menores de 20 anos em municípios do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 20, n. 3: p. 345-354, 2011.



CAMPOS, M. C.; BRITO, F. I. G.; ALMEIDA, M. R. **A eficiência dos serviços públicos de saúde no Brasil**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2014.

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. **Econometrica**, v. 50, n. 6, p. 1393-1414, Nov. 1982

CENTRO DE ESTUDOS AUGUSTO LEOPOLDO AYROSA GALVÃO (CEALAG). **Inquérito de Cobertura Vacinal nas Áreas Urbanas das Capitais do Brasil** (cobertura vacinal 2007).

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. J.; O'DONNELL, P. R. C.; BATTESE, G. E. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 2ª. ed. New York: Springer, v. 1, 2005. 161-181 p.

COOK, W. D. et al. A Data Envelopment Approach to Measuring Efficiency: Case Analysis of Highway Maintenance Patrols. **The Journal of Socio-Economics**, v. 20, n. 1, p. 83-103, Primavera 1991.

COOK, W. D.; SEIFORD, L. M. Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on. **European Journal of Operational Research**, v. 192, n. 1, p. 1-17, 2009.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. **Econometrica**, v. 19, n. 3, p. 273-292, 1951.

FACCHINI, L. A. et al. Avaliação de efetividade da Atenção Básica à Saúde em municípios das regiões Sul e Nordeste do Brasil: contribuições metodológicas. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 24, 2008.

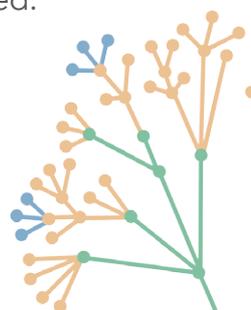
FÄRE, R. et al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. **The American Economic Review**, v. 84, n. 1, p. 66-83, Mar. 1994.

FARIA, F. P.; JANNUZZI, P. M.; SILVA, S. J. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. **Revista de Administração Pública**, v. 42, n. 1, p. 155-177, 2008.

FERNANDES, D. P. **Eficiência de custos operacionais das companhias de distribuição de energia elétrica no Brasil**: uma análise em dois estágios (DEA & TOBIT). Universidade de Brasília - UnB. Brasília, p. 32. 2014. Monografia de graduação em Bacharel em Ciências Econômicas.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados**: teoria, modelos e aplicações. 1. ed. Ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, v. 1, 2009.

GIAMBIAGI, F. et al. **Economia Brasileira Contemporânea 1945 - 2010**. 2. ed. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.



GONÇALVES, A. C. et al. Análise Envoltória de Dados na avaliação de hospitais públicos nas capitais brasileiras. **Rev. Saúde Pública**, v. 41, n. 3, 2007.

JORGE, M. J. et al. **Análise de eficiência e contribuição gerencial**: uma experiência com ações integradas em saúde. Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

KIRCHNER, L. H. C. **Avaliação da eficiência de terminais de contêineres através da Análise Envoltória de Dados e do Índice de Malmquist**. Universidade de Brasília.

KOOPMANS, T. **Activity analysis of production and allocation**. Cowles Commission for Research in Economics. New York: John Wiley & Sons, Limited. 1951. p. 33-97.

LINS, M. E. et al. O uso da Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliação de hospitais universitários brasileiros. *Ciênc. Saúde Coletiva*, v. 12, n. 4, p. 985-98, 2007.

MEZA, L. A. et al. **Curso de Análise Envoltória de Dados**. Pesquisa Operacional, Gramado, RS, p. 20520-2547, 2005.

PAIVA, C. H. A.; TEIXEIRA, L. A. Reforma sanitária e a criação do Sistema Único de Saúde: notas sobre contextos e autores. **História, Ciências, Saúde**, v. 21, n. 1, p. 15-35, Manguinhos, 2014.

PARETO, V. **Manual de Economia Política**. Tradução de João Guilherme Vargas Neto. 5. edição do livro original. Ed. São Paulo: Abril S.A. Cultural, v. 1-2, 1984.

PEÑA, C. R. Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, Paraná, v. 12, n. 1, p. 83-106, 2008.

RUGGIERO, J. Efficiency estimation and error decomposition in the stochastic frontier model: a Monte Carlo analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 115, n. 3, p. 555-563, 1999.

SILVA JÚNIOR, J. B. 40 anos do Programa Nacional de Imunizações: uma conquista da saúde pública brasileira. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 7-8, 2013.

TEIXEIRA, A. M; MOTA, E. L. A. Denominadores para o cálculo de coberturas vacinais: um estudo das bases de dados para estimar a população menor de um ano de idade. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 19, n.3, p. 187-203, 2010.

TEMPORÃO, J. G. O Programa Nacional de Imunizações (PNI): origens e desenvolvimento. **História, Ciências, Saúde**, v. 10 (suplemento 2): 601-17, Manguinhos, 2003.

