

---

# A EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO HOSPITALAR DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE EM MUNICÍPIOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL

*Hospital production efficiency of brazilian unified health system on Southern Region*

## **Felipe César Marques**

Economista. Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Maringá. Professor da Universidade Estadual de Londrina. Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, KM 380 – Campus Universitário, Londrina - PR, 86057-970. felipe311.marques@gmail.com

## **Ricardo da Silva Souza**

Economista. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Maringá. Professor da Universidade Estadual do Norte do Paraná. PR 160, KM 0, Cornélio Procópio – PR, 86300-000. ricardoricardo87@hotmail.com

## **Cassia Kely Favoretto Costa**

Economista. Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professora da Universidade Estadual de Maringá. Av. Colombo, 5790, Zona 7, Maringá - PR, 87020-900. ckfavoretto@uem.br

---

**Resumo:** O artigo tem como objetivo avaliar a eficiência na produção hospitalar do Sistema Único de Saúde (SUS) nos municípios da região Sul do Brasil no ano de 2015. Para tanto, aplicou-se a metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA) em dois estágios, bem como o método Jackstrap para identificação de *outliers*. No primeiro estágio, foram usados como insumos a quantidade de médicos, leitos e equipamentos em cada município à disposição do SUS. Já como produto utilizou-se o total de internações e o inverso da taxa de mortalidade nas áreas analisadas. No segundo estágio, foram considerados a população, as despesas *per capita* em saúde, os índices Firjan de Emprego e Renda e de Educação e a taxa de envelhecimento. Os resultados mostraram um nível baixo de eficiência técnica, especialmente entre cidades de menor porte, que são maioria na análise. Observou-se também entre os maiores municípios a prevalência de efeitos de congestionamento. No segundo estágio, estimativas consistentes dos fatores socioeconômicos apontaram para a relação inversa entre o nível de eficiência e as despesas em saúde e o envelhecimento da população. Aponta-se, portanto, a necessidade de se buscarem práticas adequadas de produção hospitalar por parte dos governos locais da região.

**Palavras-chave:** DEA em Dois Estágios; Método Jackstrap; Economia da Saúde.

**Abstract:** This study aims to evaluate the efficiency in hospital production of Brazilian Unified Health System (SUS) from Southern Region's municipalities in the year of 2015. For this, it is applied the two-stage Data Envelopment Analysis (DEA) methodology, along with the Jackstrap method for outlier detection. On the first stage of DEA the defined inputs are the number of doctors, hospital beds and equipments in each municipality available to SUS. As outputs it was considered the numbers of hospitalizations and the inverse of the mortality rate in the considered areas. On the second stage it was evaluated the population size, the expenses in health per capita, the Firjan index on Employment and Income and on Education and the aging rate of the population. Results show low technical efficiency mean, especially among the smaller municipalities, which represent most part of the sample; it is also found, among the biggest municipalities, the prevalence of congestion effects. In the second step, consistent estimates of socioeconomic factors reveal the inverse relation between efficiency level and the expenses in health and population aging. Therefore, it is pointed out the need to seek adequate practices of hospital production by local governments in the region.

**Keywords:** Two-stage DEA; Jackstrap Method; Health Economics.

## 1 INTRODUÇÃO

Os hospitais são caracterizados como estabelecimentos de oferta de serviços (atendimento ambulatorial, internamentos e procedimentos cirúrgicos, entre outros) relacionados à saúde, cujo objetivo é a promoção assistencial aos indivíduos de uma determinada região geográfica. Como local físico, seu dimensionamento é limitado a uma determinada “produção” e condicionado à demanda por esses serviços (MARINHO, 2003; FARIAS; ARAUJO, 2017).

No âmbito da assistência à saúde no Brasil, a oferta de serviços hospitalares é realizada pelas iniciativas pública e privada. O primeiro caso abrange os hospitais públicos, já o segundo engloba dois tipos de hospitais (BRASIL, 2017): i) de natureza filantrópica, em que parte de seu capital é destinado à assistência aos usuários do SUS; e ii) de natureza particular, nos quais os convênios com o SUS garantem a cooperação para atendimento gratuito em alguns serviços hospitalares quando não há garantia da oferta de alguma especialidade, de acordo com o artigo 196 da Constituição Federal e a Lei nº 8080, (BRASIL, 1988; 1990).

No geral, as instituições hospitalares possuem uma complexa gestão e infraestrutura, cuja oferta de serviços envolve desde atendimentos ambulatoriais, períodos de internamento, realizações de exames clínicos, cirurgias, até o serviço de hotelaria e o atendimento domiciliar (LA FORGIA; COUTTOLENC, 2009; GUAZELLI; COSTA, 2018). Dessa complexidade, os hospitais possuem distintos níveis de atenção para os pacientes em relação à sua necessidade, elencados como primário, secundário e terciário (BRASIL, 2017).

O nível primário de atenção é direcionado ao atendimento inicial, ou seja, o foco está em consultas e procedimentos básicos. Para o secundário, considera-se a oferta de atendimento especializado (oftalmologia, pediatria, entre outras especialidades). A atenção terciária, em que estão os grandes hospitais, é o nível mais complexo, com profissionais altamente especializados, como os cirurgiões, e onde, geralmente, são atendidos os pacientes com estados de saúde críticos (BRASIL, 2017).

Dada a complexidade institucional, de infraestrutura e gestão, pela ótica da Economia da Saúde, os hospitais estão sujeitos ao uso racional de seus recursos ou insumos para atender aos requisitos mínimos de uma demanda (SOUZA; SCATENA; KEHRIG, 2016). Destaca-se que a necessidade, dada a incerteza do estado de saúde dos indivíduos, tem como características a imprevisibilidade e a irregularidade no seu funcionamento (ARROW, 1963; MASSAÚ; ROSA, 2016).

Com relação aos insumos utilizados pelos hospitais para atender à demanda pelos seus serviços, eles envolvem desde os materiais básicos para o atendimento médico, como o material de higienização, até os profissionais capacitados e especializados, como médicos, enfermeiros e técnicos de enfermagem, radiografia e laboratório. Incluem-se também os leitos hospitalares, os equipamentos para a realização dos procedimentos de diferentes tipos de complexidade e os medicamentos para o uso dos pacientes (CESCONETTO; LAPA; CALVO, 2008; TRIVELATO et al. 2015). A composição desses insumos está condicionada à forma como ocorre a sua alocação, a qual deve ser feita de maneira eficiente para que a oferta hospitalar tenha maior efetividade dentre os cenários incertos desse setor (MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016).

No quesito desempenho dos hospitais, a eficiência representa uma dimensão indispensável para a avaliação da prestação de serviços, visto que é um critério econômico e está interligada à maximização dos objetivos produtivos, do lucro e dos valores sociais (NUNES; HARFOUCHE, 2015). Na análise de eficiência é importante considerar fatores como o controle orçamentário governamental e a relação entre as três esferas de governo (municípios, estados e federação) nas decisões da alocação dos insumos e a produção hospitalar (PROITE; SAMPAIO DE SOUSA, 2004; MARINHO; CARDOSO; DE ALMEIDA, 2009; SANTELICES et al., 2013).

O uso eficiente dos recursos públicos na prestação de serviço hospitalar é essencial, levando em consideração a dimensão dessas despesas diante dos gastos totais em saúde. Dados do Portal da

Transparência do Governo Federal mostram que, em 2019, quase metade (49,94%) das despesas da função saúde foram destinadas à assistência hospitalar e ambulatorial, o que representa mais de 57 bilhões de reais. Ademais, a necessidade pela contínua busca da eficiência hospitalar fica evidente em um contexto epidemiológico, como o vivenciado no mundo e no Brasil, no início da década de 2020, com a pandemia do coronavírus (Covid-19), no qual a demanda por atendimento hospitalar torna-se ainda mais crescente (NORONHA et al., 2020).

Contudo, mesmo em um cenário de normalidade, a procura pelo serviço hospitalar e, consequentemente, a necessidade de se adotarem práticas mais eficientes na área da saúde tendem a crescer no Brasil no médio e longo prazo, principalmente ao se considerar a transição demográfica (redução das taxas de fertilidade e de mortalidade, e expansão da longevidade) que ocorre no país (MIRANDA; MENDES; SILVA, 2016). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), a parcela da população com mais de 65 anos, que era de 10,5% em 2018, deve atingir um percentual de 15% até 2034, e ultrapassar 25% da população em 2060.

Nessa linha, para analisar a eficiência hospitalar podem-se usar técnicas matemáticas, estatísticas e econométricas. Um dos métodos mais utilizados na literatura científica é a Análise Envoltória de Dados (DEA), que promove um modelo associado a um valor de ordenação (*ranking*) para avaliar a eficiência que depende dos elementos essenciais para a produção hospitalar: insumos e produtos (MATTOS; TERRA, 2015). Pesquisas nacionais avaliam a efetividade dos hospitais no que tange ao nível de atenção (DIAS, 2010), sobre o tipo de hospital e localidade (MARINHO; FAÇANHA, 2001; GONÇALVES et al., 2007), bem como a economia de escala (PROITE; SAMPAIO DE SOUSA, 2004).

Ao se considerar a dimensão territorial brasileira, as disparidades culturais, sociais e econômicas nas diferentes regiões do Brasil, bem como a regionalização do SUS (ALBUQUERQUE et al., 2017), tornam-se relevantes estudos por áreas geográficas para melhor compreensão da eficiência hospitalar no setor saúde. Assim, a escolha da região Sul, em detrimento de outras áreas reconhecidamente mais carentes de recursos (principalmente Norte e Nordeste) e que, portanto, sofrem maior pressão financeira, deve-se justamente pela maior homogeneidade social e econômica entre seus estados.

Diante do exposto, o objetivo da pesquisa é avaliar a eficiência da produção hospitalar do SUS nos municípios da região Sul do Brasil em 2015. Para tanto, primeiramente, utiliza-se o método Jackstrap para identificação de *outliers*; em sequência, aplica-se a metodologia da Análise Envoltória de Dados em dois estágios, relacionando a eficácia encontrada no primeiro estágio com características socioeconômicas dos municípios avaliados, o que constitui uma inovação em relação às análises prévias de eficiência em saúde com enfoque regional. Assim, a partir de um método adequado, a contribuição do estudo ocorre ao identificar, para uma área geográfica específica, esses níveis de eficiência e os fatores que contribuem para seu comportamento. A partir disso, os gestores públicos podem adotar ações locais mais ativas na alocação de insumos e recursos no setor saúde.

Além desta introdução, o trabalho divide-se em mais cinco seções. A segunda seção apresenta evidências empíricas nacionais e internacionais relacionadas à eficiência em saúde. Na terceira estão formalizados o modelo da Análise Envoltória de Dados, o método Jackstrap e a aplicação do DEA em dois estágios. A quarta seção expõe a estratégia metodológica do trabalho e a obtenção dos dados. Na quinta seção são mostrados os resultados obtidos e a discussão à luz da literatura recente. E, finalmente, a sexta seção refere-se às considerações finais do estudo.

## 2 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

Marinho (1998) realizou uma pesquisa de eficiência em hospitais públicos e privados em 1998, com a geração de *rankings*, utilizando a metodologia de fronteiras de eficiência por meio do DEA, no qual os insumos utilizados foram o número de leitos em operação e funcionários (número de médicos, enfermeiros e funções administrativas) e os produtos, a quantidade de internações e o número de atendimentos ambulatoriais. Foram avaliadas as produções em relação ao número de funcionários e os insumos a partir do número de leitos, comparando os valores obtidos com os valores eficientes. Concluiu-se que hospitais com menor quantidade de leitos e com maior número de funcionários são mais eficientes.

Marinho e Façanha (2001) desenvolveram uma avaliação comparativa de eficiência de 43 hospitais universitários federais brasileiros, entre capitais e cidades do interior, utilizando dados disponibilizados do Ministério da Educação e Cultura (MEC). Os autores utilizaram a metodologia DEA, orientada no sentido do produto, para dados correspondentes ao ano de 1996, e concluíram que uma região com maior concentração de hospitais universitários tem maior eficiência média.

Gonçalves et al. (2007) aplicaram o DEA na avaliação de eficiência de hospitais públicos nas capitais estaduais e do Distrito Federal, utilizando os dados fornecidos pelo sistema de informática do SUS – Datasus, no ano de 2000. Foram analisados dados referentes a taxa de mortalidade geral, tempo e valor médio de internação e perfil de doenças como neoplasias, doenças infecciosas e parasitárias (DIP) e doenças do aparelho circulatório. Os resultados indicaram grande variabilidade entre as capitais brasileiras no que tange à eficiência.

Nayar e Oscan (2008) desenvolveram uma análise de eficiência em 1.377 hospitais do estado da Virgínia, nos Estados Unidos, em 2003. Os insumos utilizados foram o tamanho dos hospitais (medido pelo total de leitos), as despesas operacionais, a folha de pagamento dos funcionários e a quantidade de funcionários. Os produtos empregados foram o número de internações e o número de treinamentos a que médicos e enfermeiros se submeteram no período. A orientação do DEA se deu em relação ao produto. A conclusão foi que tanto hospitais eficientes quanto ineficientes tiveram um bom desempenho no indicador de qualidade.

Miclos, Calvo e Colussi (2017) avaliaram o desempenho da atenção básica dos municípios brasileiros quanto a ações e resultados de saúde, aplicando o DEA orientado para o produto, com os dados do Sistema de Informação da Atenção Básica (Siab), do Sistema de Informação de Nascidos Vivos (Sinasc) e do Datasus no ano de 2010. Os insumos utilizados foram os números de médicos, enfermeiros e unidades básicas de saúde; já os produtos corresponderam ao número de consultas pré-natal e por equipe de enfermagem. Concluiu-se que municípios menores apresentaram baixo grau de eficiência.

No contexto da Covid-19, Aroeira, Vilela e Ferreira (2020) analisaram a eficiência clínica e gerencial dos hospitais do SUS nos municípios brasileiros a partir da data do primeiro caso da doença no país até a marca dos cem mil óbitos, por meio do DEA, em uma amostra de 437 municípios. Os resultados mostraram que os municípios analisados possuem, na média, melhores índices de eficiência clínica do que gerencial e que 62% dos municípios possuem oportunidade significativa de melhoria da eficiência gerencial ou clínica.

Na mesma linha, Mariano et. al (2021) realizaram uma avaliação comparativa da situação das unidades federativas e das microrregiões das capitais brasileiras em relação ao enfrentamento da Covid-19 até abril de 2020, com base na metodologia do Network DEA. Utilizando três *inputs* (número de médicos, número de respiradores e número de leitos clínicos), uma variável intermediária (número de casos notificados), e um *output* (número de óbitos), os resultados indicaram que o estado com o pior desempenho geral foi o Amazonas, enquanto a pior capital foi Manaus.

Quanto aos estudos que alternativamente adotam o método de fronteira estocástica, tem-se a pesquisa de Daidone e D'Amico (2009). Os autores analisaram a eficiência de hospitais na Itália

entre 2000 e 2005, utilizando dados do Ministério da Saúde. Os insumos corresponderam ao número de médicos, enfermeiros e profissionais da área da saúde; já os produtos, às cirurgias complexas, aos tratamentos e às cirurgias gerais. Os resultados mostraram indicadores de eficiência em relação ao nível de especialização dos profissionais de saúde (médicos e enfermeiros) e de ineficiência ao nível de capitalização da infraestrutura hospitalar.

Souza, Nishijima e Rocha (2010) avaliaram o grau de eficiência produtiva do setor público hospitalar em 366 municípios do estado de São Paulo entre os anos de 1988 e 2013. Os leitos e médicos foram utilizados como insumos. Os produtos usados foram a permanência (diária hospitalar) e as internações, utilizando as bases de dados do sistema de informática do SUS (o Datasus) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os autores constataram que os municípios mais eficientes contrataram mais leitos de hospitais privados, realizaram maior número de internações e apresentaram o menor tempo médio de internação.

Atilgan (2016) analisou a eficiência dos serviços de internação na Turquia em 459 hospitais em 2013, aplicando a fronteira estocástica. Os insumos utilizados foram o número de cirurgiões, de médicos (excluindo os cirurgiões) e de funcionários. O produto correspondeu à quantidade de cirurgias. Os resultados sugerem que, quanto maior o porte do hospital, maior a eficiência.

Dentre as pesquisas que utilizaram o DEA e métodos econométricos, destaca-se o estudo de Proite e Sampaio de Sousa (2004), que computaram fronteiras não paramétricas de eficiência para 1.170 hospitais brasileiros da rede SUS no ano de 2002. Os autores combinaram o DEA a uma metodologia econométrica, a técnica Jackstrap, usando dados do Datasus. Os produtos utilizados foram os procedimentos cirúrgicos e não cirúrgicos e o inverso dos óbitos, já os insumos corresponderam aos profissionais da área da saúde, o valor médio dos serviços e os dias de internação hospitalar. Os resultados de eficiência obtidos verificaram que os hospitais brasileiros são pouco eficientes quando há especialização excessiva e quando não apresentam a natureza lucrativa (beneficentes e cooperativas).

Saquetto e Araújo (2019) avaliaram a eficiência de noventa e oito hospitais da Associação Nacional de Hospitais Privados do Brasil utilizando a metodologia DEA associada ao método de regressão. Foram selecionados como *inputs* os leitos, médicos e funcionários e, como *outputs*, as consultas, internações e cirurgias. Os resultados mostraram, em geral, baixos escores de eficiência, com a acreditação e a especialização possuindo um impacto negativo na eficiência dos hospitais e a finalidade de lucro influenciando positivamente na eficiência técnica.

Corrêa (2020), por sua vez, comparou a eficiência dos modelos de gestão utilizados em hospitais públicos brasileiros com o uso do método de Análise Envoltória de Dados com posterior regressão econométrica, a partir dos dados do Ministério da Saúde de 2018. Os resultados mostraram maior autonomia administrativa e gerencial, com mecanismos de contratação mais ágeis aumentando a eficiência dos hospitais públicos brasileiros.

Já Tiemann e Schreyoog (2009) analisaram a eficiência dos hospitais públicos e privados na Alemanha entre 2002 e 2006 usando o DEA *bootstrap* numa primeira etapa. Na segunda etapa, aplicaram o método econométrico de regressão linear com os coeficientes obtidos na primeira, em que os insumos utilizados foram o número de clínicas, enfermeiros e médicos e os produtos, o número de internados. Os resultados mostraram maior eficiência dos hospitais públicos comparados aos privados.

Por fim, entre os trabalhos com abordagem regional, para o Sul do país, Cesconetto et al. (2008) estimaram a eficiência produtiva dos hospitais públicos no estado de Santa Catarina, a partir dos dados do Sistema de Informações Hospitalares (SIH), no ano de 2003. Os insumos utilizados foram médicos, leitos e valor das Autorizações de Internações Hospitalares (AIH) e o produto, o número de altas médicas. Os resultados do modelo DEA voltado para o produto permitiram verificar que a produção de assistência à saúde pode se expandir em 15% caso os recursos sejam

utilizados de maneira eficiente. Em relação ao DEA orientado aos insumos, os autores sugerem a possibilidade de redução em todos os insumos analisados para manter o nível de produção.

Venson et al. (2016) avaliaram o nível de eficiência na produção ambulatorial do SUS no estado do Paraná, no ano de 2013, aplicando uma extensão do modelo DEA, com retornos de escala variáveis e orientação para o produto, conhecido como DEA-BCC, formalizado por Banker, Charles e Rhodes (1984). Os insumos usados foram o número de ambulatórios, de leitos, de equipamentos e dos profissionais de saúde. Os produtos utilizados foram os procedimentos ambulatoriais da atenção de básica, média e alta complexidade. A conclusão foi que aproximadamente 12% dos municípios foram eficientes. Outra informação importante é que apenas 6,25% dos municípios paranaenses operam de forma ótima. Além disso, cidades com população maior que 200 mil habitantes, como Curitiba, Londrina, Maringá, São José dos Pinhais e Colombo, estão na fronteira de eficiência.

Guazelli e Costa (2018) também utilizaram o DEA-BCC com orientação ao produto para avaliar a eficiência hospitalar dos municípios do Rio Grande do Sul em 2016. Os insumos utilizados foram o número de equipamentos e de leitos. Por sua vez, os produtos corresponderam a receitas recebidas por AIH, tempo médio de permanência, taxa de ocupação e inverso da mortalidade. Conforme resultados do estudo, as regiões com maior índice de desenvolvimento socioeconômico apresentaram os hospitais mais eficientes.

Em geral, observou-se que grande parte das pesquisas citadas utilizaram como insumos a mão de obra hospitalar (médicos, enfermeiros e cirurgiões) e como produtos, o número de internações para medir a eficiência de um município ou região. Outro ponto a considerar é que parte das pesquisas apontam que hospitais mais bem estruturados tendem a ser mais eficientes.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Análise envoltória de dados

O *Data Envelopment Analysis* (DEA) foi desenvolvido tendo como base o conceito de coeficiente de utilização de recursos desenvolvido por Debreu (1951) e a medida de eficiência produtiva proposta por Farrel (1957). Basicamente, o método, por construção, realiza uma curva de eficiência por um modelo de programação matemática determinística, suscetível ao erro de aproximação e medida quando combinados os dados de maneira não paramétrica.

Segundo Sampaio de Sousa et al. (2005), para a construção do modelo DEA são consideradas as seguintes propriedades: convexidade, recursos finitos, mesma tecnologia para todas as unidades produtivas e livre disponibilidade de insumos e produtos. Das propriedades elencadas, existem duas ou mais unidades que possuem as mesmas respostas para os insumos e os produtos e estas realizam atividades semelhantes. O que diferencia uma unidade da outra é sua produtividade, que advém das decisões tomadas para sua variação. Esse conceito é conhecido como *Decision Making Unit* (DMU) ou Unidades Tomadoras de Decisão.

O modelo DEA definido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) pode ser expresso pelo seguinte problema de programação linear (PL) escrito por uma razão:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{a,b} q_k : \\ q_k &= \frac{\sum_{r=1}^s a_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m b_i x_{ik}} \end{aligned} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\begin{aligned} q_j &= \frac{\sum_{r=1}^s a_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m b_i x_{ij}} \leq 1 \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, k, \dots, n \\ a_r, b_i &\geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

em que  $q_k$  é o resultado do quociente entre o somatório dos produtos  $y_r$  para  $j$ -ésima unidade produtiva, ponderados a um coeficiente  $a_r$ , cujo resultado é interno ao modelo, e o somatório da  $i$ -ésima quantidade de recursos  $x_i$ , também ponderados a um coeficiente  $b_i$ . Logo, a solução do problema consiste em maximizar  $q_k$  condicionados a  $q_j$ , de modo que haja  $n$  problemas de programação linear a serem solucionados.

A solução do problema de PL deverá gerar os parâmetros ( $a_r$  e  $b_i$ ) ótimos para os insumos e produtos, considerando que as restrições do DMU não ultrapassem a fronteira e sejam números positivos. Obtidos os resultados de  $a_r$  e  $b_i$  é possível calcular escores de eficiência  $E_k$  para classificar as DMUs:

$$E_k = \frac{y_k}{y_K} \quad (2)$$

Em que:

$y_k$  : quantidade de produto efetivamente obtida a uma dada quantidade de insumos.

$y_K$  : máxima quantidade de produto que pode ser obtida a uma dada quantidade de insumos.

A Equação 2 fornece uma solução cuja medida de eficiência é relativa, tendo em vista a escala de razão. As DMUs são ordenadas entre 0 a 1, tornando-se a análise válida apenas ao conjunto de dados observados. Para captar a eficiência técnica e a escala, Banker, Charnes e Cooper (1984) desenvolveram o modelo DEA BCC, que busca analisar retornos de escala variáveis a partir de uma inclusão do termo  $a_k$ , representando os retornos variáveis à escala (PEÑA, 2008). Dessa forma, reescreve-se a Equação 1 da seguinte forma:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{a,b} q_k : \\ & \frac{\sum_{r=1}^s a_r y_{rk} - a_k}{\sum_{i=1}^m b_i x_{ik}} \end{aligned} \quad (3)$$

Sujeito a:

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{r=1}^s a_r y_{rj} - a_k}{\sum_{i=1}^m b_i x_{ij}} \leq 1 ; \quad j = 1, \dots, n \\ & a_r, b_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

Assim, a dupla  $(y_k, x_k)$  é eficiente caso a igualdade a partir da linearização seja respeitada, isto é:

$$a_r^* y_0 - b_i^* x_0 - a_k^* = 0 \quad (4)$$

Caso contrário, acontece uma desigualdade à esquerda e ocorre ineficiência na dupla  $(y_k, x_k)$ . O termo de intercepto  $\alpha_k^*$  indicará a escala eficiente da DMU. Caso  $\alpha_k^* < 0$ , os retornos são crescentes à escala. Se  $\alpha_k^* = 0$ , constantes à escala e,  $\alpha_k^* > 0$  serão decrescentes à escala (PEÑA, 2008).

### 3.2 Detecção de *outliers* no DEA: método Jackstrap

Considerando o caráter matemático e não paramétrico do DEA, essa técnica pressupõe que o modelo é perfeitamente explicado por meio das variáveis definidas como insumos e produtos e, portanto, não leva em consideração possíveis perturbações aleatórias nos dados. Na ótica do DEA, qualquer desvio da fronteira de eficiência representa, necessariamente, ineficiência por parte da DMU (SCHETTINI, 2014).

Além disso, as fronteiras de eficiência são sensíveis ao tamanho da amostra, à quantidade de insumos e produtos definidos e, especialmente, à existência de observações discrepantes (SAMPAIO DE SOUSA; STOSIC, 2015). Faz-se necessária, portanto, a inspeção prévia dos dados em busca de possíveis *outliers* que possam comprometer os resultados da análise. Esse problema é potencialmente ampliado na avaliação da eficiência dos hospitais brasileiros devido ao sistema de reembolso do SUS, que pode provocar o aumento excessivo do número de procedimentos (PROI-TE; SAMPAIO DE SOUSA, 2004).

Nesse sentido, Stosic e Sampaio de Sousa (2003) propõem um novo método para a detecção de observações discrepantes que não depende da inspeção manual de dados, inviabilizado em grandes amostras, permitindo assim a obtenção de índices robustos de eficiência. O método, denominado Jackstrap, combina elementos das técnicas de Jackknife e Bootstrap e tem como premissa o cálculo da alavancagem de cada observação da amostra. A alavancagem, nesse contexto, refere-se à influência de uma DMU na determinação da eficiência no restante da amostra.

O Jackstrap segue os seguintes passos: considerando K o número total de DMUs da amostra, deve-se primeiramente selecionar aleatoriamente um subconjunto contendo uma quantidade total de L DMUs. Stosic e Sampaio de Sousa (2003) sugerem que L deve conter entre 10% e 20% de K. Calcula-se assim o índice de eficiência de cada DMU, abordando toda a subamostra. Em seguida, retirando uma DMU de cada vez, recalculam-se os escores das L-1 observações restantes. Define-se a alavancagem de cada DMU selecionada como o desvio-padrão dos índices de eficiência antes e após a remoção de uma observação, conforme Equação 5:

$$\tilde{\ell}_j = \sqrt{\frac{\sum_{l=1, l \neq j}^L (\theta_{lj}^* - \theta_l)^2}{L - 1}} \quad (5)$$

Onde  $\theta_{lj}^*$  corresponde ao escore da DMU  $l$  quando retirada a  $j$ -ésima DMU e  $\theta_l$  é o escore da DMU  $l$ , considerando toda a subamostra L. A seguir, repete-se o passo acima um total de B vezes, acumulando os valores das alavancagens obtidas nas diferentes subamostras aleatórias  $(\tilde{\ell}_{jb})$ . Destaca-se que B deve ser suficientemente grande para que cada DMU seja selecionada  $n_j$  vezes (onde  $n_j \approx BL/K$ ). Na sequência, calcula-se a alavancagem média  $(\tilde{\ell}_k)$  para cada DMU, dada por:

$$\tilde{\ell}_k = \frac{\sum_{b=1}^{n_j} \tilde{\ell}_{jb}}{n_j} \quad (6)$$

Por fim, obtém-se a alavancagem média global  $\tilde{\ell}$ , representada pela Equação 7:

$$\tilde{\ell} = \frac{\sum_{k=1}^K \tilde{\ell}_k}{K} \quad (7)$$

Com base nos experimentos de Stosic e Sampaio de Sousa (2003), são consideradas *outliers* as DMUs cujas alavancagens ultrapassam o limiar definido pela função *heaviside*, que define a regra de corte levando em consideração o tamanho da amostra:

$$P(\tilde{\ell}_k) = \begin{cases} 1, & \tilde{\ell}_k \leq \tilde{\ell} \log K, \\ 0, & \tilde{\ell}_k > \tilde{\ell} \log K, \end{cases} \quad (8)$$

Sampaio de Sousa e Stosic (2005) consideram que a função *heaviside* providencia uma aproximação razoável do número de *outliers*. No contexto da análise de eficiência em saúde, a importância da detecção de DMUs influentes e o sucesso do método Jackstrap para essa finalidade já foram abordados em Proite e Sampaio de Sousa (2004) e Dias (2010).

### 3.3 DEA em dois estágios

A combinação do DEA com técnicas econométricas é um procedimento comumente utilizado nos estudos de eficiência, conhecido como método de dois estágios ou semiparamétrico. Ele envolve o uso dos escores de eficiência como variável dependente em um modelo de regressão truncado e emprega variáveis exógenas ambientais e discricionárias (BOUERI, 2015).

No entanto, de acordo com Simar e Wilson (2007), surgem dois problemas decorrentes da utilização do método de dois estágios. Primeiramente, os índices de eficiência obtidos por meio do DEA são estimativas dos verdadeiros índices de eficiência, adquiridos a partir de combinações lineares de outras observações da amostra. Consequentemente, esses índices são serialmente correlacionados, de uma forma intrincada e desconhecida. E, em segundo lugar, caso as variáveis empregadas no primeiro estágio apresentem alta correlação com as variáveis explicativas do segundo estágio, haverá também correlação entre essas variáveis e os termos de erro da regressão.

Tendo em vista os problemas supracitados, a regressão truncada tradicional não possibilita realizar inferências consistentes para os parâmetros do modelo. Dessa forma, Simar e Wilson (2007) apresentam uma nova abordagem, visando à obtenção de inferências consistentes válidas no segundo estágio dos métodos semiparamétricos.

Para tanto, primeiramente, deve-se calcular o índice de eficiência para as observações da amostra. Então, utilizando apenas as DMUs não eficientes, realizar a regressão truncada  $\phi_i = z_i \beta + \varepsilon_i$ , e obter estimativas para os parâmetros do modelo ( $\hat{\beta}$ ) e para o erro-padrão do termo de erro da regressão ( $\hat{\sigma}_\varepsilon$ ). Em seguida, geram-se resíduos artificiais  $\varepsilon_i^b$  segundo uma distribuição normal truncada à direita em  $(1 - z_i \hat{\beta})$ , com média 0 e desvio-padrão  $\hat{\sigma}_\varepsilon$ .

A partir dos resíduos artificiais, computam-se os índices de eficiência artificiais  $\phi_i^* = z_i \hat{\beta} + \varepsilon_i^b$ . Realiza-se na sequência uma nova regressão truncada, utilizando como variável dependente os valores de  $\phi_i^*$ , gerando novas estimativas de  $\hat{\beta}^*$  e  $\hat{\sigma}_\varepsilon$ . Repete-se o procedimento L vezes, obtendo o conjunto de estimativas de *bootstrap*  $\mathcal{A} = \{(\hat{\beta}^*, \hat{\sigma}_\varepsilon^*)\}_b^L$ . Finalmente, com base nos valores de  $\mathcal{A}$  e as estimativas originais de  $\hat{\beta}$  e  $\hat{\sigma}_\varepsilon$ , constroem-se os intervalos de confiança para cada elemento de  $\beta$  e para  $\sigma_\varepsilon$ .

## 4 ESTRATÉGIA EMPÍRICA E BASE DE DADOS

A correta escolha de *inputs* e *outputs* é um ponto fundamental da análise envoltória de dados (MOLINERO; WORACKER, 1996). De acordo com Benegas e Silva (2004), a escolha de um grande número dessas variáveis tem como consequência a perda de poder discriminatório dos modelos, o que gera uma quantidade muito grande de DMUs eficientes.

Cesconetto et al. (2008) afirmam que, embora do ponto de vista produtivo os hospitais possam ser considerados uma empresa de diversos produtos, a partir da aplicação de múltiplos insumos, a definição de um “produto hospitalar” é de grande importância para que se possa obter a gestão eficiente dos recursos (humanos, materiais e financeiros).

Na presente pesquisa, os *outputs* usados foram as internações hospitalares, conforme abordado por Cesconetto et al. (2008), e o inverso do número de óbitos ocorridos, em consonância com os trabalhos de Proite e Sampaio de Sousa (2004), Guazzelli e Costa (2018), Gonçalves et al. (2007), dentre outros. Como indicadores de *inputs* hospitalares também foram consideradas as variáveis tradicionalmente empregadas na literatura, destacando: i) quantidade de médicos (DIAS, 2010; SILVA et al., 2016); ii) leitos (SOUZA et al. 2010; MARINHO, 1998); e iii) equipamentos disponíveis ao SUS (VENSON et al., 2016; POLITELO et al., 2014). Essas informações estão apresentadas na Tabela 1.

As fontes de dados usadas na presente pesquisa corresponderam ao Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) e ao Sistema de Informações Hospitalares (SIH), ambos vinculados ao Departamento de Informática do SUS (Datasus). Para as variáveis coletadas junto ao CNES, foram considerados os tipos de estabelecimento “hospital geral”, “hospital especializado” e “hospital dia”.

Destaca-se que foram coletados os dados de todos os municípios da região Sul com informações completas de todas as variáveis empregadas no primeiro estágio do DEA para o ano de 2015. Alguns municípios também foram desconsiderados por apresentar uma taxa de mortalidade igual a zero, impossibilitando o emprego dessa variável como um produto na análise envoltória de dados. A amostra foi composta, dessa forma, por 223 municípios paranaenses, 144 municípios catarinenses e 225 municípios gaúchos, totalizando 592 DMUs. A escolha de 2015 como período de análise deve-se ao fato de ser o ano mais recente com disponibilidade completa de todos os dados utilizados no trabalho.

Com relação ao porte populacional dos municípios, estes foram classificados em grandes (acima de 500 mil habitantes), médios (entre 500 mil e 100 mil habitantes) e pequenos (abaixo de 100 mil habitantes), segundo classificação adotada pelo Ipea (2008).

Após a seleção e coleta de dados, procedeu-se o uso do método Jackstrap para detecção de *outliers*. Devido ao número de DMUs relativamente baixo, com menor custo computacional, foi aplicado um modelo com subamostras de 120 municípios (aproximadamente 20% da amostra) e 4.000 replicações. Como ponto de corte, adotou-se a função *heaviside* e, após a detecção e remoção das observações de maior influência, obteve-se a fronteira de eficiência robusta. Em ambos, Jackstrap e fronteira robusta, o DEA empregado é equivalente ao modelo BCC, com orientação ao produto. A escolha do modelo DEA utilizado segue a recomendação de Proite e Sampaio de Sousa (2004), que verificaram a existência de retornos crescentes de escala para os hospitais brasileiros e classificaram o DEA-CCR como um modelo não adequado para esse tipo de análise. Para a detecção de *outliers* utilizou-se o *software* Jackstrap e, para a análise envoltória de dados, empregou-se o *software* MaxDea 7 Basic.

Tabela 1 – Descrição das variáveis utilizadas na pesquisa, municípios da região Sul do Brasil, 2015

Variável	Descrição	Período de referência	Fonte
<b>Inputs</b>			
Médicos	Número de médicos que atendem ao SUS no município, por mil habitantes.	dez./15	CNES/ Datusus
Leitos	Quantidade de leitos de internação e leitos complementares disponíveis ao SUS no município, por mil habitantes.	dez./15	CNES/ Datusus
Equipamentos	Número de equipamentos disponíveis ao SUS no município, por mil habitantes	dez./15	CNES/ Datusus
<b>Outputs</b>			
Internações	Total de autorizações de internações hospitalares no município, por mil habitantes.	2015	SIH/ Datusus
Mortalidade	Inverso da taxa de mortalidade hospitalar no município.	2015	SIH/ Datusus
<b>Segundo estágio</b>			
População	Estimativa da população municipal, em mil habitantes.	2015	IBGE
Despesa em saúde <i>per capita</i>	Despesas liquidadas na função orçamentária de saúde do município dividido pela estimativa da população.	2015	Finbra/ Siconfi
Firjan Emprego e Renda	Índice Firjan de desenvolvimento municipal – área de emprego e renda.	2015	Firjan
Firjan Educação	Índice Firjan de desenvolvimento municipal – área de educação.	2015	Firjan
Envelhecimento	Razão entre a projeção da população acima de 60 anos e a população total do município, multiplicada por 100.	2015	MS/SVS/ CGIAE

Fonte: elaboração própria (2020).

No segundo estágio do DEA, a eficiência hospitalar dos municípios foi utilizada como variável dependente no modelo econométrico proposto por Simar e Wilson (2007), para obtenção de estimativas consistentes referentes às características socioeconômicas dos municípios relacionadas às suas eficiências hospitalares. Para tanto, foi utilizado o *software* Stata 13.

Na pesquisa, foram testados os seguintes componentes (Tabela 1): a) população, para verificar as hipóteses relacionadas às economias de escala e ao efeito congestionamento na provisão da saúde; b) os indicadores do Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) na área de emprego e renda (que incorpora fatores como o número de empregos, a geração de renda e a massa salarial e o índice de Gini de desigualdade de renda no mercado de trabalho formal) e o IFDM na área de educação (que considera os fatores de atendimento à educação infantil e o abandono, a distorção idade-série, a formação dos docentes, o número médio de horas-aula e o resultado do Ideb no ensino fundamental) (FIRJAN, 2018). Esses indicadores da Firjan foram usados para verificar a relação das condições do mercado de trabalho e da qualidade da educação pública com a eficiência em saúde.

Consideram-se também duas variáveis diretamente relacionadas ao atendimento em saúde: as despesas municipais em saúde *per capita* e a taxa de envelhecimento, medida pela proporção da população com mais de 60 anos no município. No primeiro caso, tem-se que, por um lado, as despesas municipais podem representar uma maior preocupação dos gestores nesse setor e, portanto, contribuir positivamente com o nível de eficiência. Por outro, maiores despesas podem representar um desincentivo ao uso consciente das verbas e, assim, provocar ineficiência na produção hospitalar. No segundo caso, espera-se que uma população mais envelhecida gere maior demanda por cuidados e gastos em saúde, o que pode dificultar a obtenção da eficiência (DIAS, 2010; VARELA, 2012).

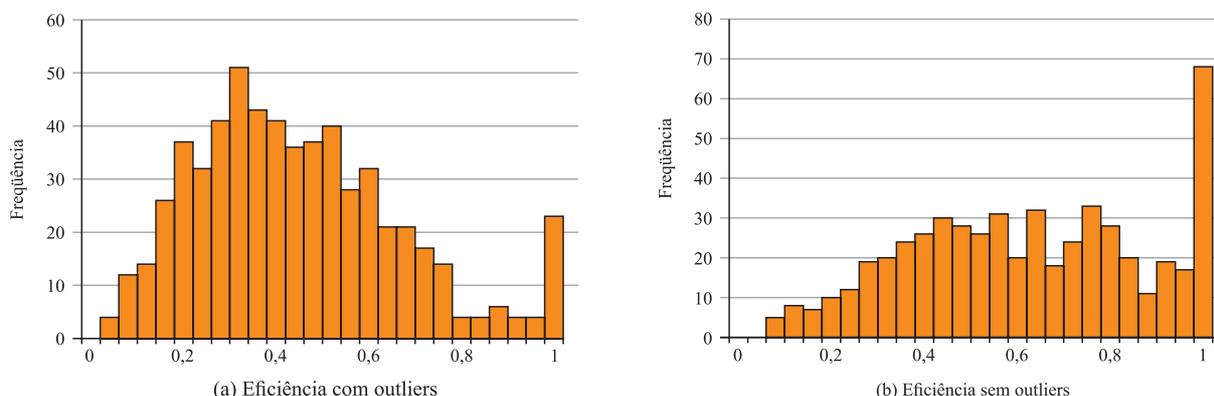
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise da detecção de *outliers* e do primeiro estágio do DEA

A aplicação do Jackstrap fornece a alavancagem média de cada DMU considerada na análise. Com a definição de 120 subamostras e 4.000 replicações, cada um dos 592 municípios foi selecionado, em média, 811 vezes, variando entre 719 e 900 seleções. A alavancagem média foi de 0,00215, embora para mais de 60% dos municípios essa alavancagem tenha sido nula.

Aplicando a regra determinada pela função Heaviside, o ponto de corte foi definido em  $\tilde{\ell}_k = 0,006$ . Dessa forma, foram retirados do restante da análise 56 municípios, considerados potenciais *outliers*. As localidades que apresentaram as maiores alavancagens média foram Campina Grande do Sul (PR), Palma Sola (SC) e Nova Aurora (PR), com índices dez vezes superiores ao ponto de corte. Dentre os municípios detectados, 32 são paranaenses, 16 são catarinenses e 8 são gaúchos. Após a exclusão dos municípios *outliers*, restaram na amostra 536 DMUS, o que equivale a 90,54% da amostra original.

Figura 1 – Histograma da eficiência hospitalar antes e após a remoção de *outliers*, municípios da região Sul do Brasil, 2015

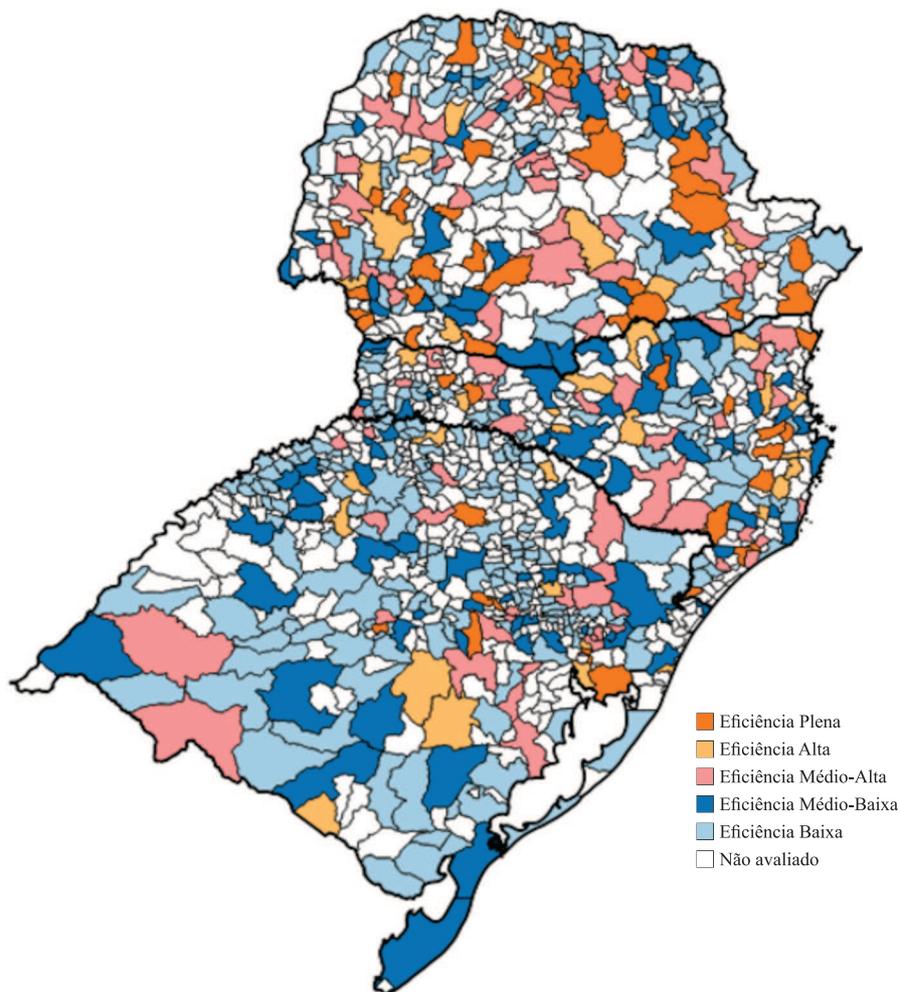


Fonte: resultados da pesquisa (2020). Elaboração própria.

A influência dessas cidades consideradas *outliers* pode ser percebida por meio da Figura 1. Na parte (a) consta o histograma dos índices de eficiências calculados com base na amostra completa; já na parte (b) foram desconsiderados os 56 municípios mais influentes da amostra. Observa-se nitidamente o ganho médio de eficiência das DMUs decorrente do uso do Jackstrap.

Na sequência da presente pesquisa, realizou-se a análise dos resultados do primeiro estágio do DEA. A aplicação desse método na produção hospitalar dos municípios da região Sul revelou uma eficiência média relativamente baixa, de 0,604. Do ponto de vista produtivo, os municípios produziram apenas 60% daquilo que poderiam (internações e inverso da mortalidade), caso fossem plenamente eficientes. A relação completa dos resultados é apresentada na Figura 2. Os índices de eficiência foram classificados em plenamente eficiente ( $EF = 1$ ), eficiência alta ( $1 < EF < 0,9$ ), eficiência médio-alta ( $0,9 \leq EF < 0,75$ ), eficiência médio-baixa ( $0,75 \leq EF < 0,6$ ) e eficiência baixa ( $EF \leq 0,6$ ).

Figura 2 – Eficiência municipal em produção hospitalar, região Sul do Brasil, 2015



Fonte: resultados da pesquisa (2020). Elaboração própria.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados desagregados por nível de eficiência e por estado. Entre as 536 DMUs, 56 delas foram consideradas plenamente eficientes, 37 como eficiência alta, 81 municípios recebem a classificação de médio-alto, 96 como médio-baixo e, finalmente, 266 foram considerados de baixa eficiência.

Tabela 2 – Eficiência municipal em produção hospitalar, por estado e nível, região Sul do Brasil, 2015

Nível de eficiência	Paraná	Santa Catarina	Rio Grande do Sul	Total
Plena	35	13	8	56
Alta	11	15	11	37
Médio-alta	37	21	23	81
Médio-baixa	27	30	39	96
Baixa	81	49	136	266
<b>Total</b>	<b>191</b>	<b>128</b>	<b>217</b>	<b>536</b>
<b>Média</b>	<b>0,650</b>	<b>0,659</b>	<b>0,532</b>	<b>0,604</b>

Fonte: resultados da pesquisa (2020). Elaboração própria.

Observa-se que, dos 56 municípios plenamente eficientes, 35 deles estavam localizados no Paraná, o que representa 18,32% das 191 cidades paranaenses avaliadas. Apesar disso, a maior concentração de municípios em todos os estados foi no nível baixo de eficiência, seguido do nível

médio-baixo no caso dos municípios do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Destaca-se que mais de 80% das cidades gaúchas são classificadas entre essas duas categorias.

Na Tabela 3, apresenta-se a eficiência dos municípios classificados de acordo com o seu porte populacional. Observa-se que, embora apenas quatro municípios da região Sul foram considerados grandes, nenhum deles foi classificado de baixa eficiência, apresentando eficiência média de 0,8316. O grupo de cidades de maior eficiência média foram aquelas de tamanho médio (EF = 0,8378). Por outro lado, os municípios mais ineficientes corresponderam aos de pequeno porte. Dentre eles, mais de 53% foram classificados com baixa eficiência, sendo a eficiência média do grupo de apenas 0,5861.

Tabela 3 – Eficiência municipal em produção hospitalar por porte populacional, região Sul do Brasil, 2015

Nível de eficiência	Grande	Médio	Pequeno	Total
Plena	0	7	49	56
Alta	1	7	29	37
Médio-alta	2	11	68	81
Médio-baixa	1	8	87	96
Baixa	0	2	264	266
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>35</b>	<b>497</b>	<b>536</b>
<b>Média</b>	<b>0,8316</b>	<b>0,8378</b>	<b>0,5861</b>	<b>0,6044</b>

Fonte: resultados da pesquisa (2020). Elaboração própria.

Os resultados do presente estudo sugerem, preliminarmente, a existência de economias de escala referentes aos municípios de pequeno e médio porte. Aqueles de grande porte, por sua vez, apresentaram níveis médios de eficiência ligeiramente inferiores em relação aos de médio porte, sugerindo a possibilidade de existência de um pequeno efeito de congestionamento. Essa hipótese foi testada com maior rigor na seção 5.2.

Tabela 4 – Municípios eficientes em produção hospitalar e *benchmarks*, região Sul do Brasil, 2015

Município	Município	Município			
Marmeleiro-PR	193	Ortigueira-PR	47	Pranchita-PR	8
Colorado-PR	183	Nova Trento-SC	46	Castro-PR	6
Praia Grande-SC	114	Dois Vizinhos-PR	43	Pirai do Sul-PR	6
Mandaguari-PR	98	Anitápolis-SC	40	Itambaracá-PR	6
Paranavaí-PR	93	Progresso-RS	36	Antonina-PR	5
Corbélia-PR	88	Planalto-PR	34	Tupãssi-PR	5
Quilombo-SC	78	Cambé-PR	28	Marques de Souza-RS	4
Xanxerê-SC	72	Rolândia-PR	27	Santo Antônio do Sudoeste-PR	3
Campo Mourão-PR	71	Sapucaia do Sul-RS	25	Candói-PR	3
Laranjeiras do Sul-PR	71	Faxinal do Soturno-RS	21	Quedas do Iguaçu-PR	2
Passo Fundo-RS	69	São João Batista-SC	16	Arapoti-PR	2
Ibirama-SC	65	Criciúma-SC	15	Tamarana-PR	2
Morro da Fumaça-SC	55	Vera Cruz do Oeste-PR	14	Viamão-RS	1
Monte Castelo-SC	53	Santa Cruz do Sul-RS	12	Cachoeirinha-RS	1
São Mateus do Sul-PR	52	Guaratuba-PR	11	São Francisco do Sul-SC	1
Altamira do Paraná-PR	49	Florestópolis-PR	11	Rebouças-PR	1
Douradina-PR	48	Clevelândia-PR	8	Paulo Frontin-PR	1

Fonte: resultados da pesquisa (2020). Elaboração própria.

Na Tabela 4, apresenta-se a lista de municípios eficientes em produção hospitalar, juntamente com o número de vezes que estes foram considerados referências (*benchmarks*) para os demais. Os municípios de Marmeleiro (PR), Colorado (PR) e Praia Grande (SC) foram aqueles com maior número de *benchmarks*, fazendo parte do conjunto de referência de mais de 100 municípios cada.

Por sua vez, verifica-se na Tabela 4 que as cidades de Viamão (RS), Cachoeirinha (RS), São Francisco do Sul (SC), Rebouças (PR) e Paulo Frontin (PR) obtiveram eficiência plena, mas não formaram o conjunto de referência para outros municípios além deles mesmos.

## 5.2 Análise do segundo estágio do DEA

Após a obtenção dos índices de eficiência na produção hospitalar dos municípios da região Sul, aplicou-se o algoritmo de Simar e Wilson (2007) para a estimativa consistente dos fatores socioeconômicos associados à eficiência hospitalar municipal. Para a obtenção dos erros-padrão *bootstrap* foram utilizadas 2.000 replicações. Na Tabela 5, estão apresentados os resultados do segundo estágio do DEA, com três diferentes especificações estimadas.

Na especificação (1), foram incluídas as variáveis população, índices Firjan de Emprego e Renda e de Educação, despesas em saúde *per capita* e taxa de envelhecimento, sem distinção regional entre municípios. Na especificação (2), incorporaram-se as diferenças regionais, incluindo variáveis *dummies* para os estados, sendo o Rio Grande do Sul a categoria de referência. Finalmente na especificação (3), testou-se a hipótese do efeito de congestionamento, incorporando a variável da população elevada ao quadrado.

Tabela 5 – Fatores socioeconômicos associados à eficiência hospitalar, municípios da região Sul do Brasil, 2015

Parâmetro	(1)	(2)	(3)
População	0,0011022 (0,0002801)	***	0,0011678 (0,0002761)
População <sup>2</sup>	-	-	-0,0000011 (0,0000003)
Firjan Emprego e Renda	0,3022443 (0,1398539)	**	0,3110306 (0,1385814)
Firjan Educação	0,4206520 (0,1885009)	**	0,3927307 (0,1981019)
Despesa em Saúde <i>Per Capita</i>	-0,0002518 (0,0000614)	***	-0,0002789 (0,0000642)
Envelhecimento	-0,0218416 (0,0039869)	***	-0,0178323 (0,0044295)
Paraná	-	-	0,0433606 (0,0305412)
Santa Catarina	-	-	0,0621686 (0,0344345)
Constante	0,5372771 (0,1462952)	***	0,4774969 (0,1549537)
Sigma	0,2271348 (0,0110658)	***	0,2261714 (0,0106412)

Fonte: resultados da pesquisa (2020). Elaboração própria.

Notas: \*\*\* $p < 0,01$ ; \*\* $p < 0,05$ ; \* $p < 0,1$ . Erros-padrão *bootstrap* em parênteses.

De acordo com os resultados do primeiro modelo estimado, observou-se que todos os parâmetros foram estatisticamente significativos ao nível de 5%. O valor positivo do critério popula-

cional revelou a existência de economias de escala no atendimento eficiente em saúde por parte dos municípios. Já os parâmetros dos índices de Firjan Renda e Emprego e Educação mostraram relação positiva entre os indicadores do mercado de trabalho e da educação com a eficiência hospitalar municipal.

Por sua vez, a variável despesa em saúde *per capita* apresentou sinal negativo. Com base nessa informação, pode-se afirmar que o investimento elevado em saúde provoca distorções na produção hospitalar eficiente ao desestimular o uso parcimonioso dos recursos públicos. O efeito do envelhecimento sobre a eficiência no atendimento em saúde foi também negativo, confirmando a hipótese de que esse fator dificulta o atendimento eficiente, tendo em vista os maiores cuidados exigidos pela parcela idosa da população.

A inclusão das variáveis binárias referentes aos estados na especificação (2) indicou que, embora as eficiências médias dos municípios catarinenses e paranaenses sejam semelhantes, apenas as dos municípios de Santa Catarina foram estatisticamente superiores à eficiência média das cidades do Rio Grande do Sul, ao nível de 10%, após o controle das demais características. Ademais, a inclusão dessas variáveis não alterou os resultados gerais da primeira especificação em termos de amplitude e significância dos demais parâmetros (Tabela 5).

A população ao quadrado incorporada na especificação (3) apresentou um pequeno, porém significativo, efeito negativo (com 99% de confiança), confirmando a hipótese de que a economia de escala verificada ocorre até um determinado limiar populacional, a partir do qual surgem efeitos de congestionamento que prejudicam a produção hospitalar eficiente. Em comparação com as demais especificações, o índice Firjan de Emprego e Renda passou a ser não significativo, enquanto a variável indicadora do estado do Paraná ganhou significância ao nível de 10%.

### 5.3 Discussão

De forma geral, os resultados deste trabalho mostraram baixos níveis de eficiência para a maior parte dos municípios da região Sul do Brasil no ano de 2015. Apenas uma pequena parcela (10,45%) das cidades analisadas obteve eficiência plena, enquanto quase metade delas apresentou índices de eficiência abaixo de 0,6. Já a eficiência média situou-se em apenas 0,604. Esses resultados contrastam fortemente com os estudos de Cesconetto et al. (2008), Guazzelli e Costa (2018), Politelo et al. (2014) e Silva et al. (2016), cujo enfoque foram os municípios do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Cesconetto et al. (2008), por exemplo, ao avaliarem a eficiência dos hospitais de Santa Catarina encontraram níveis médios de eficiência na ordem de 0,75 a 0,85, de acordo com a orientação do modelo DEA adotado (insumos e produtos, respectivamente). Igualmente, Guazzelli e Costa (2018) obtêm eficiência média de 0,93 para os hospitais gaúchos. Politelo et al. (2014) também investigaram os hospitais catarinenses, encontrando eficiência média de 0,86. Silva et al. (2016), ao avaliarem os hospitais da região Sul em cidades com mais de 100 mil habitantes, concluíram que a maior parte das DMUs avaliadas se encontraram próximas à fronteira de eficiência.

Já os resultados do estudo de Venson et al. (2016) estão em consonância com os achados da presente pesquisa. Os autores supracitados analisaram o estado do Paraná e afirmaram que, na maioria dos municípios, predomina a eficiência fraca; no entanto, o enfoque do trabalho está na produção ambulatorial do SUS. De modo semelhante, Gonçalves et al. (2012), ao estudarem a eficiência da atenção básica em saúde na região Sudeste, constataram que a eficiência média dos municípios ficou na ordem de 0,6.

Os resultados desagregados segundo porte populacional dos municípios mostraram a predominância da ineficiência entre aqueles classificados como pequenos, que compõem quase 93% da amostra. A análise também indicou a existência de economias de escala entre as cidades de menor porte e deseconomias de escala entre as maiores. A literatura encontra resultados heterogêneos

relacionados a esse ponto. Em relação à eficiência na prestação de serviços de saúde no Brasil, seja ela hospitalar, ambulatorial ou em atenção básica, há autores que encontraram a existência de uma relação positiva entre eficiência e porte populacional (DIAS, 2010; BENEGAS; SILVA, 2014; VENSON et al., 2016), enquanto outros obtiveram uma relação negativa (SOUZA et al., 2010). Sampaio de Sousa e Ramos (1999) relataram a ocorrência de economias de escala entre municípios pequenos e a predominância do efeito de congestionamento em municípios a partir de 25 mil habitantes.

Na literatura levantada neste trabalho, poucos estudos nacionais utilizaram o segundo estágio do DEA como ferramenta de análise em saúde. Além disso, tais estudos, em geral, adotam variáveis explicativas no segundo estágio referentes às práticas de gestão hospitalar, cujos resultados, portanto, não são diretamente comparáveis com o presente estudo, que aborda dados de natureza socioeconômica dos municípios. De qualquer forma, os resultados encontrados no presente estudo assemelham-se aos apresentados no segundo estágio da análise de Dias (2010), que avalia a eficiência da atenção básica em saúde dos municípios brasileiros. Ambos os trabalhos encontraram uma relação positiva entre a eficiência municipal em saúde e o tamanho da população. O efeito de congestionamento em Dias (2010) foi testado ao incluir uma variável *dummy* para municípios que são capitais de seus estados, encontrando também um resultado negativo e significativo. Outras variáveis consonantes em ambas as pesquisas foram a relação negativa entre a eficiência e a população idosa, a relação positiva com IFDM em educação e a ausência de significância com o IFDM em trabalho e renda.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou a eficiência na produção hospitalar do SUS nos municípios da região Sul do Brasil no ano de 2015. Para isso, obteve-se uma fronteira de eficiência suficientemente robusta, por meio da análise regional. Este tipo de estudo permitiu a inclusão de um grande número de municípios, respeitando a homogeneidade e comparabilidade necessária das DMUs e o critério metodológico de detecção de *outliers*.

Com base na metodologia adotada, foram encontrados baixos níveis de eficiência em grande parte dos municípios analisados. Os resultados reforçam a necessidade de reorientação de esforços dos governos locais em busca da obtenção de práticas adequadas de produção hospitalar, tendo em vista a possibilidade da realização de melhores resultados operacionais sem a necessidade de eventuais aumentos da estrutura vigente (e, conseqüentemente, sem aumentos do dispêndio público). Os piores índices de eficiência foram verificados em municípios de pequeno porte, evidenciando a existência de economias de escala. Entre os maiores municípios, a efetividade também não é plena, de modo que a eficiência hospitalar está igualmente sujeita a efeitos de congestionamento. Deve-se ressaltar, também, que maiores índices de eficiência não significam, rigorosamente, maior qualidade nos serviços prestados, mas sim a obtenção de elevados produtos hospitalares possíveis, dada a restrição de insumo a que os municípios estão sujeitos.

Entre os fatores socioeconômicos vinculados aos índices de eficiência encontrados, destaca-se a relação negativa entre a eficiência calculada e os investimentos em saúde *per capita*. Encontram-se indicativos de que é possível, portanto, a ampliação de atendimento dos serviços municipais prestados aliados à diminuição dos gastos. A população envelhecida também representa um desafio aos gestores públicos de saúde.

Os resultados encontrados contrastam fortemente com os demais trabalhos dedicados à análise de eficiência na região Sul do país, que em sua maioria encontram altos níveis de eficiência municipal. Uma limitação da atual pesquisa refere-se ao recorte temporal adotado, pois este representa um período de maior estabilidade econômica, social, política e sanitária em comparação ao cenário verificado no país nos anos seguintes. Desse modo, trabalhos futuros que incorporem essas

transformações pelas quais o país passou ao longo destes anos podem, eventualmente, encontrar resultados divergentes dos aqui apresentados.

É necessário, portanto, um aprofundamento de estudos nessa região para que se possa encontrar um consenso de resultados, que, por sua vez, possam balizar a tomada de decisão dos gestores municipais. Apresenta-se, também, como sugestão de trabalhos futuros, o emprego da metodologia nas demais regiões do país para que possa ser feita uma rigorosa comparação inter-regional capaz de levar em conta as disparidades sociais, econômicas e culturais das diferentes regiões do Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. V. et al. Desigualdades regionais na saúde: mudanças observadas no Brasil de 2000 a 2016. **Ciênc. saúde colet.**, v. 22, n. 4, 2017.
- AROEIRA, T.; VILELA, B.; FERREIRA, R. F. Mais de 100.000 óbitos: avaliação da eficiência dos hospitais do SUS no tratamento à Covid-19 nos municípios brasileiros. **RAHIS-Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde**, v. 17, n. 2, p. 95-114, 2020.
- ARROW, K. Uncertainty and the welfare economics of medical care. **American Economic Review**, v. 53 n. 5, p. 941-973, 1963.
- ATILGAN, E. The Technical Efficient of Hospital Inpatient Care Services: An Application for Turkish Public Hospitals. **Business and Economics Research Journal**, v. 7 n. 2, p. 203-213, 2016.
- 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.
- BENEGAS, M.; SILVA, F. G. F. da. Estimação da eficiência técnica do SUS nos estados brasileiros na presença de insumos não-discricionários. **Revista Brasileira de Economia**, v. 68, n. 2, p. 171-196, 2014.
- BOUERI, R. Modelos não paramétricos: Análise Envoltória de Dados (DEA). In: BOUERI, R.; ROCHA, F.; RODOPOULOS, F. M. A (Orgs.). **Avaliação da qualidade do gasto público e mensuração da eficiência**. Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional, 2015.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>. Acesso em: 24 jun. 2018.
- BRASIL. **Lei nº 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. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8080.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8080.htm)>. Acesso em: 15 jun. 2018.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SISTEMA NACIONAL DE SAÚDE. Dispõe sobre os Níveis de Atenção. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 18 maio 2017. Disponível em: <<https://www.saude.gov.br/artigos/770-sistema-nacional-de-saude/40315-atencao-basica>>. Acesso em: 19 mar. 2020.
- CESCONETTO, A.; LAPA, J. S.; CALVO, M. C. M. Avaliação da eficiência produtiva de hospitais do SUS de Santa Catarina, Brasil. **Cadernos de Saúde pública**, v. 24, n. 10, p. 2407-2417, 2008.

- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
- CORRÊA, D. S. R. C. Comparação da eficiência dos modelos de gestão dos hospitais públicos brasileiros utilizando Análise Envoltória de Dados. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto. Porto, 2020.
- DAIDONE, S; D'AMICO, F. Technical efficiency, specialization and ownership form: Evidences from a pooling of Italian hospitals. **Journal of Productivity Analysis**, v. 32 n. 3 p. 203-2016, 2009.
- DEBREU, G. The Coefficient of Resource Utilization. **Econometrica**, v. 19, p. 273-291, 1951.
- DIAS, R. H. **Eficiência da atenção primária à saúde nos municípios brasileiros**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília. Brasília, 2010.
- FARIAS, D. C.; ARAUJO, F. O. Gestão hospitalar no Brasil: revisão da literatura visando ao aprimoramento das práticas administrativas em hospitais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 6, p. 1895-1904, 2017.
- FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, p. 253-281, 1957.
- FIRJAN. **Anexo Metodológico: IFDM 2018**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/ifdm/downloads/>>.
- GONÇALVES, A. C. et al. Análise Envoltória de Dados na avaliação de hospitais públicos nas capitais brasileiras. **Revista de Saúde Pública**, v. 41, n. 3, p. 427-435, 2007.
- GONÇALVES, M. A et al. Uma Análise da Mudança de Produtividade da Alocação de Recursos Públicos na Atenção Básica da Saúde em Municípios da Região Sudeste Brasileira. **Revista de Ciências da Administração**, v. 14, n. 34, p. 60-74, dez. 2012.
- GUAZZELLI, G. P.; COSTA, L. A. Relação entre eficiência técnica e indicadores socioeconômicos: estudo em hospitais gerais nos Coredes do Rio Grande do Sul. **Anais do XXI Encontro de Economia da Região Sul**, 2018.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeções da população: Brasil e unidades da federação: revisão 2018. IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro, 2018.
- IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Boletim Ipea**. Edição nº 112, julho, 2008.
- LA FORGIA, G. M.; COUTTOLENC, B. F. **Desempenho hospitalar no Brasil: em busca da excelência**. São Paulo: Singular, 2009.
- MARIANO, E. et al. Brazilian states in the context of COVID-19 pandemic: an index proposition using Network Data Envelopment Analysis. **IEEE Latin America Transactions**, v. 19, n. 6, 2021.
- MARINHO, A. Estudo de eficiência em hospitais públicos e privados com a geração de rankings. **Revista de Administração Pública**, v. 32, n. 6, p. 145-158, 1998.
- MARINHO, A. Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro. **Revista brasileira de economia**, v. 57, n. 3, p. 515-534, 2003.

MARINHO, A.; CARDOSO, S. S.; DE ALMEIDA, V. V. **Brasil e OCDE: avaliação da eficiência em sistemas de saúde**. Texto para Discussão nº 1370, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2009

MARINHO, A.; FAÇANHA, L. O. **Hospitais universitários: avaliação comparativa de eficiência técnica**. Texto para discussão nº 805, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2001.

MASSAÚ, G. C; ROSA, R. G. Acidentes de trânsito e direito à saúde: prevenção de vidas e economia pública. **Revista de Direito Sanitário (USP)**, v. 17, n. 2, p. 30-47, 2016.

MATTOS, E.; TERRA, R. Conceitos sobre eficiência. In: BOUERI, R.; ROCHA, F.; RODOPOULOS, F. (Orgs.). **Avaliação da qualidade do gasto público e mensuração da eficiência**. Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional, 2015.

MICLOS, P. V.; CALVO, M. C. M; COLUSSI, C. F. Avaliação do desempenho das ações e resultados em saúde da atenção básica. **Revista de Saúde Pública**, v. 51, p. 1-10, 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Departamento de Informática do SUS (DATASUS)**. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>>.

MIRANDA, G. M. D.; MENDES, A. C. G.; SILVA, A. L. A. O envelhecimento populacional brasileiro: desafios e consequências sociais atuais e futuras. **Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 507-519, 2016.

MOLINERO, C. M.; WORACKER, D. Data Envelopment Analysis: a non-mathematical introduction. **Or Insight**, v. 9, n. 4, p. 22-28, 1996.

MUJASI, P. N.; ASBU, E. Z.; PUIG-JUNOY, J. How efficient are referral hospitals in Uganda? A data envelopment analysis and tobit regression approach. **BMC Health Services Research**, v. 16, n. 1, p. 230-242, 2016.

NAYAR, P.; OZCAN, Y. A. Data envelopment analysis comparison of hospital efficiency and quality. **Journal of Medical Systems**, v. 32, n. 3, p. 193-199, 2008.

NORONHA, K. V. M. S. et al. The COVID-19 pandemic in Brazil: analysis of supply and demand of hospital and ICU beds and mechanical ventilators under different scenarios. **Cad. Saúde Pública**, v. 36, n. 6, p. 1-17, 2020.

NUNES, A. M.; HARFOUCHE, A. P. J. A reforma da administração pública aplicada ao setor da saúde: a experiência portuguesa. **Revista de Gestão em Sistemas de Saúde**, vol. 4, n. 2, p. 1-8, 2015.

PEÑA, C. R. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). **Revista de Administração Contemporânea**, v. 12, n. 1, p. 83-106, 2008.

POLITETO, L.; RIGO, V. P.; HEIN, N. Eficiência da Aplicação de Recursos no Atendimento do Sistema Único de Saúde (SUS) nas cidades de Santa Catarina. **Revista em Gestão em Sistema de Saúde**, v. 3, n. 2, jul.-dez., 2014.

PROITE, A.; SAMPAIO DE SOUSA, M. C. Eficiência técnica, economias de escala, estrutura da propriedade e tipo de gestão no sistema hospitalar brasileiro. **Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia**, 2004.

SAMPAIO DE SOUSA, M. C.; CRIBARI-NETO, F.; STOSIC, B. D. Explaining DEA technical efficiency scores in an outlier corrected environment: the case of public services in Brazilian municipalities. **Brazilian Review of Econometrics**, v. 25, n. 2, p. 287-313, 2005.

SAMPAIO DE SOUSA, M. C.; RAMOS, F. S. Eficiência técnica e retornos de escala na produção de serviços públicos municipais: o caso do Nordeste e do Sudeste brasileiros. **Revista Brasileira de Economia**, v. 53, n. 4, p. 433-461, 1999.

SAMPAIO DE SOUSA, M. C.; STOSIC, B. D. Technical efficiency of the Brazilian municipalities: correcting nonparametric frontier measurements for outliers. **Journal of Productivity Analysis**, v. 24, n. 2, p. 157-181, 2005.

SAMPAIO DE SOUSA, M. C.; STOSIC, B. D. Detecção de *outliers* em modelos não paramétricos: o método Jackstrap ampliado. In: BOUERI, R.; ROCHA, F.; RODOPOULOS, F. M. A (Orgs.). **Avaliação da qualidade do gasto público e mensuração da eficiência**. Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional, 2015.

SANTELICES, E. et al. Análisis de la eficiencia técnica hospitalaria 2011. **Revista Médica de Chile**, v. 141, p. 332-337, 2013.

SAQUETTO, T. C.; ARAUJO, C. A. S. Avaliação da eficiência de hospitais privados no Brasil: uma análise em dois estágios. **Ram. Revista de Administração Mackenzie**, v. 20, n. 5, 2019.

SCHETTINI, B. P. **Eficiência técnica dos municípios brasileiros na educação pública: escores robustos e fatores determinantes**. Texto para Discussão, n. 2001. Brasília: Ipea, 2014.

SILVA, M. Z. da; MORETTI, B. R.; SCHUSTER, H. A. Avaliação da eficiência hospitalar por meio da Análise Envoltória de Dados. **Revista de Gestão em Sistemas de Saúde**, v. 5, n. 2, p. 100-114, 2016.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. **Journal of Econometrics**, v. 136, p. 31-64, 2007.

SOUZA, I. V.; NISHIJIMA, M.; ROCHA, F. Eficiência do setor hospitalar nos municípios paulistas. **Economia Aplicada**, v. 14, n. 1, p. 51-66, 2010.

SOUZA, P. C.; SCATENA, J. H. G.; KEHRIG, R. T. Aplicação da análise envoltória de dados para avaliar a eficiência de hospitais do SUS em Mato Grosso. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, vol. 26, n. 1, p. 289-308, 2016.

STOSIC, B.; SAMPAIO DE SOUSA, M. C. Jackstrapping DEA Scores for Robust Efficiency Measurement. **Anais do XXV Encontro Brasileiro de Econometria**, SBE, 2003.

TIEMANN, O.; SCHREYÖGG, J. Effects of ownership on hospital efficiency in Germany. **Business Research**, v. 2, n. 2, p. 115-145, 2009.

TRIVELATO, P. V. et al. Avaliação da eficiência na alocação dos recursos econômicos financeiros no âmbito hospitalar. **Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde**, v. 12, n. 3, 2015.

VENSON, A. H. et al. Análise da eficiência na produção ambulatorial nos municípios paranaenses. **Anais do XIX Encontro de Economia da região Sul**, 2016.