

Laura de Almeida Botega

**Três Ensaaios sobre o Desempenho do Setor Hospitalar do Sistema Único de
Saúde do Brasil.**

Belo Horizonte
Fevereiro de 2020

Laura de Almeida Botega

Três Ensaio sobre o Desempenho do Setor Hospitalar do Sistema Único de Saúde do Brasil.

Tese apresentada ao curso de doutorado em Economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial a obtenção do Título de Doutor em Economia.

Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Ciências Econômicas
Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Viegas Andrade

Co-Orientador: Prof. Dr. Gilvan Ramalho Guedes

Belo Horizonte
Fevereiro de 2020

Ficha catalográfica

B748t Botega, Laura de Almeida.
2020 Três ensaios sobre o desempenho do setor hospitalar do Sistema Único de Saúde do Brasil [manuscrito] / Laura de Almeida Botega. – 2020.
73 f.: il., gráfs. e tabs.

Orientadora: Mônica Viegas Andrade.

Coorientador: Gilvan Ramalho Guedes.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional.

Inclui bibliografia (f. 21-24;42-46;48;64-69;72-73).

1. Saúde – Indicadores – Teses. 2. Saúde pública – Brasil – Teses. 3. Hospitais – Brasil – Teses . I. Andrade, Mônica Viegas. II. Guedes, Gilvan Ramalho. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. III. Título.

CDD: 614.981

Elaborada por Rosilene Santos CRB6-2527
Biblioteca da FACE/UFMG –RSS39/2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

LAURA DE ALMEIDA BOTEGA

TÍTULO DO TRABALHO:

"Três Ensaio sobre o Desempenho do Setor Hospitalar do Sistema Único de Saúde do Brasil"

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, para obtenção do título de Doutor em Economia, área de concentração em Economia.

Aprovada EM 03 DE FEVEREIRO DE 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Mônica Viegas Andrade
(Orientadora) (CEDEPLAR/FACE/UFMG)

Prof. Gilvan Ramalho Guedes
(Coorientador) (CEDEPLAR/FACE/UFMG)

Prof.^a Kerry Valéria Micoel de Souza Noronha
(CEDEPLAR/FACE/UFMG)

Prof. Thiago Augusto Hernandez Rocha
(Organização Panamericana de Saúde)

Prof. Bruno de Almeida Vilela
(UFES)

Prof. Edson Correia Araujo
(Banco Mundial)




Participação por videoconferência



Participação por videoconferência



Prof. Gilberto de Assis Lúcio
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

FOLHA DE APROVAÇÃO

LAURA DE ALMEIDA BOTEGA

TÍTULO DO TRABALHO:

"Três Ensaios sobre o Desempenho do Setor Hospitalar do Sistema Único de Saúde do Brasil"

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, para obtenção do título de Doutor em Economia, área de concentração em Economia.

APROVADA EM 03 DE FEVEREIRO DE 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Edson Corrêa Araújo
(Banco Mundial)
(Participação por videoconferência)



Prof. Gilberto de Assis Lúcio
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

FOLHA DE APROVAÇÃO

LAURA DE ALMEIDA BOTEGA

TÍTULO DO TRABALHO:

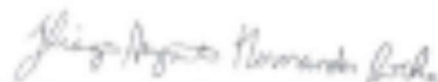
"Três Ensaios sobre o Desempenho do Setor Hospitalar do Sistema Único de Saúde do Brasil"

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, para obtenção do título de Doutor em Economia, área de concentração em Economia.

Aprovada EM 03 DE FEVEREIRO DE 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Thiago Augusto Hernandes Rocha
 (Organização Panamericana de Saúde)
 (Participação por videoconferência)




Prof. Gilberto de Assis Libânio
 Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

AGRADECIMENTOS

A ideia de fazer o doutorado sempre esteve presente desde a graduação em Economia, mas antes disso tiveram outros percursos que acredito foram muito importantes para moldar minha carreira profissional. E desde que a decisão foi tomada, após um longo e valioso período trabalhando no setor privado, uma pessoa que sempre esteve presente foi minha orientadora Prof. Mônica Viegas Andrade, a quem sou muito grata pela compreensão e contribuição durante todo esse período. Mônica convidou Prof. Gilvan Ramalho Guedes para ser meu co-orientador, que trouxe então muita energia e conhecimento para um período de intenso trabalho, aprendizado e desafios, pois decidimos fazer um estudo de grande abrangência e que pudesse de alguma forma trazer uma contribuição inédita para a literatura e para o país.

Neste percurso foram muitas as pessoas que contribuíram para o nosso trabalho. Logo após a qualificação da tese de doutorado, uma pessoa que foi muito importante para o desenrolar das análises de eficiência foi a Prof. Ana Lúcia Lopes, especialista em *Data Envelopment Analysis* (DEA), que me convidou para participar de seu último curso em DEA na UFMG e quem me apresentou o Prof. Bruno Vilela, então retornando do doutorado sanduíche na Alemanha. Bruno se tornou um colega de trabalho, com quem pude aprender ainda mais sobre o DEA e suas aplicações no software R.

Agradeço a toda a equipe do GEESC não somente pelas trocas de conhecimento, mas pelas conversas, histórias e momentos de muitas risadas. Agradeço a Lucas Carvalho por disponibilizar a base de dados de distâncias intermunicipais e também por sempre estar pronto para esclarecer alguns aspectos de como elaborar mapas, códigos de programação. Agradeço a Victor Hugo Lima pelas contribuições na formatação dos mapas do segundo ensaio. Um agradecimento especial vai para Daniel Nogueira, uma mente brilhante que contribuiu para as análises de otimização do terceiro artigo e também para a elaboração dos mapas.

Gostaria de agradecer aos colegas da pós-graduação pelos momentos em que estudamos juntos e pelas histórias, em especial a Camila Tolentino (Camilão), Luciana Servo (Lu), Gabriel Vaz de Melo (Bill), Lucas Carvalho, Stélio Lombardi Filho e Celso Bissoli Sessa.

Gostaria de agradecer às minhas amigas de UC Berkeley, Carolina Rivera (Caro), Pamela Jiménez-Fontana (Pame), Irene Zarco (Ire) e Cláudia Romeu (Clau), que se tornaram também uma família e cuja distância apenas serviu para fortalecer ainda mais nossa amizade.

Agradeço a Mirian Martins Ribeiro, minha amiga desde a graduação em Economia, pelo apoio e amizade ao longo desses anos.

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe pelo apoio e aos meus sobrinhos por trazerem muita alegria a este período.

Agradeço a Edson Araújo (Banco Mundial), Bruno Vilela (Universidade Federal do Espírito Santo), Thiago Rocha (Organização Pan-Americana da Saúde) e Kenya Noronha (Cedeplar/UFMG) pela importante participação na banca de defesa da tese.

Agradecimento ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado durante este período.

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO	1
ENSAIO 1: Perfil dos Hospitais Gerais do Sistema Único de Saúde	4
ENSAIO 2: Brazilian hospitals' performance: an assessment of the Unified Health System (SUS)	25
ENSAIO 3: Efficiency and equity trade-off among general hospitals of the Brazilian Unified Health System	49
CONCLUSÃO	70

RESUMO

O **primeiro ensaio** caracteriza a organização dos hospitais gerais brasileiros que prestam serviço ao Sistema Único de Saúde (SUS). Os indicadores hospitalares foram construídos para o ano de 2015 a partir de duas bases de dados administrativos nacionais compreendendo o universo dos hospitais gerais que atendem o SUS: Cadastro Nacional de Estabelecimento de Saúde e Sistema de Informação Hospitalar do SUS. Os indicadores contemplam as principais dimensões associadas ao cuidado hospitalar: mix público-privado, produção, case-mix, fatores de produção, desempenho, qualidade, e abrangência geográfica. A análise de classe latente dos indicadores com implementação do bootstrapping permitiu identificar perfis vocacionais, que variam segundo porte, tipo de prestador e hospital de ensino e pesquisa. O **segundo ensaio** combinou análise de envoltória de dados (DEA) e análise espacial para medir a ineficiência hospitalar e analisar seu padrão espacial em todo o país. Os resultados apontam para um alto nível de ineficiência hospitalar, principalmente associado à escala de produção e distribuído por todos os estados brasileiros. Muitos desses hospitais poderiam aumentar o volume de atendimentos e reduzir os recursos empregados para alcançar padrões de eficiência mais altos. Os resultados sugeriram espaço para otimização dos recursos hospitalares. O **terceiro ensaio** tem como objetivo examinar alternativas de encaminhamentos de pacientes dos SUS com o fechamento dos hospitais mais ineficientes. Essa análise é realizada através de um problema de otimização que visa minimizar a distância percorrida pelos pacientes. Na maioria dos casos analisados (84%) um hospital mais eficiente e com capacidade disponível está localizado a menos de 70 km do município de residência do paciente. O estudo indicou que a otimização dos recursos hospitalares pode ser alcançada na maioria dos casos sem prejuízo do princípio da equidade.

Palavras-chave: Indicadores Hospitalares; Análise de Classe Latente; Performance; Eficiência; Análise de Envoltório de Dados (DEA); Análise Espacial; Análise de Otimização; Equidade

ABSTRACT

The **first essay** aimed to characterize the organization of the Brazilian general hospitals that provide service to the Unified Health System (SUS) through indicators that describe the main dimensions of hospital care. It consists in an observational cross-sectional study for the year 2015 comprising the universe of general hospitals that attend SUS. We estimated indicators from two national administrative databases: National Registry of Health Facilities and Hospital Information System of SUS. The indicators include the main dimensions associated with hospital care organization: public-private mix, production, case-mix, production factors, performance, quality, and geographical coverage. The latent class analysis of the indicators with bootstrapping implementation allowed the identification of vocational profiles associated to hospital size, healthcare provider and teaching hospitals. The **second essay** combined Data Envelopment Analysis (DEA), and Spatial Analysis to measure hospital inefficiency, to identify predominant clusters, and to analyze its spatial pattern throughout the country. Our findings pointed to a high level of hospital inefficiency, mostly associated with small size and distributed across all Brazilian states. Many of these hospitals could increase production and reduce inputs to achieve higher efficiency standards. These findings suggested room for hospital resources optimization. The **third essay** aims to examine alternatives for hospital resources optimization and to propose the closure of the most inefficient hospitals whose patients do not have to travel more than 70 km. In most of the cases analyzed (84%), a more efficient hospital is located less than 70 km away. The study indicated that in most of the cases the optimization of hospital resources can be achieved without compromising the principle of equity.

Keywords: Hospital Indicators; Latent Class Analysis; Performance; Efficiency; Data Envelopment Analysis (DEA); Spatial Analysis; Optimization Analysis; Health Equity

INTRODUÇÃO

No Brasil, assim como em quase todos os países, o gasto hospitalar é um componente importante nas despesas totais com saúde. No período de 2010 a 2014 representou, em média, 36%, próximo ao observado para os países da OCDE, 38% (OECD, 2015; Ministério da Saúde, 2017). A elevada participação do setor hospitalar no gasto total com saúde se deve principalmente à natureza dos serviços prestados. Diferentemente da maior parte das unidades produtivas, os hospitais são caracterizados como unidades multiprodutoras de serviços diagnóstico e tratamento que exigem uma infra-estrutura especializada e uso intensivo de tecnologias e recursos humanos. Além disso, a introdução de novas tecnologias no cuidado hospitalar é dinâmica, verificando-se geração contínua de novos equipamentos, medicamentos e processos. Essas novas tecnologias, além de mais dispendiosas, em geral não são substitutivas determinando elevação dos gastos.

Os gastos hospitalares podem também estar associados à natureza do prestador e à forma de gestão do hospital, aos sistemas de contratação e de pagamento dos prestadores, e à presença de indução de demanda (Rosenthal & Frank, 2006; Petersen et al., 2006; La Forgia & Couttolenc, 2008; Werner et al., 2011; Santos, 2011; Santos et. al., 2016; Andrade et. al., 2011). O tipo de gestão hospitalar determina o nível de autonomia administrativa, impactando diretamente nas decisões de compra de insumos (sistemas de controle de estoque), capacidade de introdução de protocolos de cuidado e existência de sistemas de gerenciamento de custos e organização do cuidado (Andrade et. al., 2011). Hospitais privados apresentam em geral maior autonomia de gestão, o que acaba resultando na presença de sistemas de gerenciamento de risco, segurança e custos mais informatizados e integrados, além de apresentarem maior chance de modernização (Neto & Malik, 2007). As formas de contratação e de pagamento definem a estrutura de incentivos sob as quais os prestadores irão realizar o cuidado (La Forgia & Couttolenc, 2008; Santos, 2011). Em sistemas com predominância do pagamento por procedimento, por exemplo, há claramente incentivos à ampliação da produção (Santos et. al., 2016; Andrade et. al., 2011).

Outro aspecto que impacta a performance hospitalar é a organização do sistema de saúde. No Sistema Único de Saúde (SUS), a organização do cuidado é realizada de forma descentralizada, o que exige uma coordenação dos entes federativos na alocação dos recursos hospitalares. Embora a descentralização possa atender melhor às necessidades locais, a organização do sistema deveria considerar a presença de economias de escala e escopo no provimento desses serviços para garantir a eficiência do gasto hospitalar (Malachias et al., 2011; Azevedo & Mateus, 2014). Esse é um desafio para o Brasil cuja configuração geopolítica é marcada por municípios de pequeno porte, que além de baixa escala populacional, apresentam reduzida capacidade técnica de gestão e escassez de recursos humanos e equipamentos (Gragnolati et al.,

2013). Nesse contexto, a gestão hospitalar no SUS é complexa. Ela combina arranjos institucionais muito diversificados que incluem uma interação múltipla de prestadores públicos, privados e filantrópicos, assim como é regida por diferentes níveis administrativos e que guardam grande heterogeneidade regional e socioeconômica.

No contexto atual de forte contenção dos gastos públicos, uma melhoria na gestão dos recursos hospitalares favoreceria a continuidade do provimento dos serviços. Nos últimos anos, as críticas em relação ao hospitalocentrismo fizeram com que a atenção hospitalar fosse marginalizada em termos de análises estratégicas do Sistema Único de Saúde (SUS) (Viana et al., 2018). O sistema hospitalar brasileiro funciona de forma desarticulada do restante da rede assistencial (Viana et al., 2018; Machado and Guim, 2017) e até o momento nenhum trabalho se propôs a analisar a performance do setor hospitalar do SUS como um todo e tampouco em criar ferramentas de monitoramento constante de gestão do setor.

Os estudos existentes que se propuseram a analisar o setor se limitaram a conjuntos específicos de hospitais brasileiros. Parte desses trabalhos se dedicaram a análise de alguns indicadores e observaram que a performance hospitalar varia principalmente segundo porte e formas de governança (Zuchi et al., 1998; Portela et al., 2004; La Forgia & Couttolenc, 2008; Cunha & Corrêa, 2013; Barbosa & Sousa, 2015; Ramos et al., 2015). Há também estudos voltados à estimação da eficiência hospitalar, que mostraram que a maioria dos hospitais brasileiros é ineficiente, independente do nível de agregação analisado (Marinho, 2001; Marinho, 2003; Lins et al., 2007; Gonçalves et al., 2007; La Forgia & Couttolenc, 2008; Cesconetto et al., 2008; Souza et al., 2010; Couttolenc Araújo et al., 2014; Lobo et al., 2016; Rodrigues et al., 2016; Souza et al., 2016). A ineficiência é particularmente comum entre os hospitais de pequeno porte. Os estudos sobre otimização de recursos para o Brasil são escassos, há trabalhos dedicados à análise de tópicos específicos, como equipamentos de hemodiálise (Amaral, 2013) ou representativos de uma cidade (Fo and Mota, 2012) ou estado brasileiro (Steiner et al., 2015).

Neste contexto, inserem-se os ensaios desenvolvidos na tese, que buscam fazer um estudo mais abrangente do sistema hospitalar do SUS. O primeiro ensaio busca caracterizar a organização dos hospitais gerais brasileiros que prestam serviço ao Sistema Único de Saúde (SUS) através de indicadores que descrevem as principais dimensões do cuidado hospitalar e propõe uma ferramenta de monitoramento contínuo do setor. Os resultados revelam perfis vocacionais para os hospitais gerais, principalmente relacionados ao porte hospitalar: hospitais pequenos voltados para as necessidades da população local e hospitais maiores com uma maior abrangência geográfica e importante papel no atendimento aos procedimentos de alta complexidade. O segundo ensaio combina análise de envoltória de dados (DEA) e análise espacial para medir a ineficiência hospitalar e analisar seu padrão espacial em todo o país. Os resultados apontam para

um alto nível de ineficiência hospitalar, principalmente associado à escala de produção e distribuído por todos os estados brasileiros. O terceiro ensaio examina formas de otimização dos recursos hospitalares, atentando para os aspectos de eficiência e equidade no provimento dos cuidados de saúde, e propõe alternativas para uma reorganização hospitalar. Na maioria dos casos analisados (84%) um hospital mais eficiente e com capacidade disponível está localizado a menos de 70 km do município de residência do paciente, indicando que a otimização dos recursos hospitalares pode ser alcançada sem prejuízo do princípio da equidade.

ENSAIO 1

PERFIL DOS HOSPITAIS GERAIS DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE

RESUMO

OBJETIVO: Caracterizar a organização dos hospitais gerais brasileiros que prestam serviço ao Sistema Único de Saúde (SUS) através de indicadores que descrevem as principais dimensões do cuidado hospitalar.

MÉTODOS: Estudo observacional transversal para o ano de 2015, compreendendo o universo dos hospitais gerais que atendem o SUS. Os indicadores hospitalares foram construídos a partir de duas bases de dados administrativos nacionais: Cadastro Nacional de Estabelecimento de Saúde e Sistema de Informação Hospitalar do SUS. Os indicadores contemplam as principais dimensões associadas ao cuidado hospitalar: *mix* público-privado, produção, case-mix, fatores de produção, desempenho, qualidade, e abrangência geográfica. A Análise de Classe Latente dos indicadores com implementação do *bootstrapping* foi utilizada para a identificação dos perfis hospitalares.

RESULTADOS: Foram identificados três perfis, sendo porte hospitalar a variável com grau de pertencimento mais elevado. Os hospitais pequenos apresentam baixas taxas de ocupação (21,36%), elevada participação de internações que poderiam ter sido solucionadas com cuidado ambulatorial e atendem somente a média complexidade. Recebem poucos não-residentes, indicando que estão dedicados praticamente à população local. Os hospitais de médio porte se assemelham mais aos de pequeno porte: cerca de 100% dos atendimentos são de média complexidade, baixa taxa de ocupação (45,81%), elevada taxa de Internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária (17,10%) e relativa importância no atendimento de não-residentes (26%). Os hospitais grandes realizam os atendimentos de alta complexidade, tem taxa de ocupação média de 64,73%, e apresentam maior abrangência geográfica.

CONCLUSÕES: Os indicadores apontam três perfis de hospitais caracterizados principalmente pela escala de produção. Os hospitais de pequeno porte apresentam baixa performance, sugerindo a necessidade de reorganização da oferta do cuidado hospitalar, principalmente no nível municipal. O conjunto dos indicadores propostos inclui as principais dimensões do cuidado hospitalar, fornecendo uma ferramenta que pode ser utilizada no planejamento e monitoramento contínuo da rede hospitalar do SUS.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To characterize the organization of the Brazilian general hospitals that provide service to the Unified Health System (SUS) through indicators that describe the main dimensions of hospital care.

METHODS: Observational cross-sectional study for the year 2015 comprising the universe of general hospitals that attend SUS. We estimated indicators from two national administrative databases: National Registry of Health Facilities and Hospital Information System of SUS. The indicators include the main dimensions associated with hospital care organization: public-private mix, production, case-mix, production factors, performance, quality, and geographical coverage. We performed Latent Class Analysis of the indicators with bootstrapping implementation to identify the hospital profiles.

RESULTS: We identified three profiles, and hospital size was the variable with the highest degree of belonging. Small hospitals have low occupancy rates (21.36%), perform only medium complexity and have high participation of hospitalizations that could have been solved with primary care. They receive a small proportion of non-resident patients, indicating that these hospitals are practically dedicated to the local population. Medium-sized hospitals are more similar to small ones: about 100% of the cases are of medium complexity, low occupancy rate (45.81%), and high hospitalization rates due to primary care sensitive conditions (17.10%). Concerning the geographic coverage, they present relative importance in the care of non-residents (26%). Large hospitals perform high complexity care; have a mean occupancy rate of 64.73%, and higher geographic coverage.

CONCLUSIONS: The analysis point to three distinct hospital profiles associated mainly to the scale of production. Small hospitals present low performance suggesting the need to reorganize the supply of hospital care, especially at the municipal level. The set of proposed indicators includes the main dimensions of hospital care, providing a tool that can be used in the planning and continuous monitoring of the SUS hospital network.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Grau de pertencimento (%) das covariáveis do modelo nos <i>clusters</i> estimados, hospitais gerais brasileiros, 2015	15
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativas dos parâmetros sobre a forma de projeção linear, hospitais gerais brasileiros, 2015	16
Tabela 2 - Estimativa de médias condicionais dos indicadores hospitalares, hospitais gerais brasileiros, 2015	17

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensões hospitalares analisadas, indicadores e método de cálculo	11
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 MÉTODOS	9
3 RESULTADOS	14
4 DISCUSSÃO	18
5 REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, assim como em quase todos os países, o gasto hospitalar é um componente importante nas despesas totais com saúde. No período de 2010 a 2014 representou, em média, 36%, próximo ao observado para os países da OCDE, 38%^{1,2}. A elevada participação do setor hospitalar no gasto total com saúde se deve principalmente à natureza dos serviços prestados. Diferentemente da maior parte das unidades produtivas, os hospitais são caracterizados como unidades multiprodutoras de serviços diagnóstico e tratamento que exigem uma infra-estrutura especializada e uso intensivo de tecnologias e recursos humanos. Além disso, a introdução de novas tecnologias no cuidado hospitalar é dinâmica, verificando-se geração contínua de novos equipamentos, medicamentos e processos. Essas novas tecnologias, além de mais dispendiosas, em geral não são substitutivas determinando elevação dos gastos.

Os gastos hospitalares podem também estar associados à natureza do prestador e à forma de gestão do hospital, aos sistemas de contratação e de pagamento dos prestadores, e à presença de indução de demanda^{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}. O tipo de gestão hospitalar determina o nível de autonomia administrativa, impactando diretamente nas decisões de compra de insumos (sistemas de controle de estoque), capacidade de introdução de protocolos de cuidado e existência de sistemas de gerenciamento de custos e organização do cuidado⁸. Hospitais privados apresentam em geral maior autonomia de gestão, o que acaba resultando na presença de sistemas de gerenciamento de risco, segurança e custos mais informatizados e integrados, além de apresentarem maior chance de modernização¹⁰. As formas de contratação e de pagamento definem a estrutura de incentivos sob as quais os prestadores irão realizar o cuidado^{7, 9}. Em sistemas com predominância do pagamento por procedimento, por exemplo, há claramente incentivos à ampliação da produção^{6, 8}. No Brasil, principalmente no setor privado, predomina o pagamento por procedimento, enquanto nos hospitais públicos há maior diversidade de estruturas de remuneração⁷. No SUS, existem nos hospitais a contratação direta de médicos e profissionais. Neste caso, a remuneração é por salário. Há também o pagamento através de Autorização de Internações Hospitalares (AIHs) e pagamento por procedimentos, como a alta complexidade e ambulatorial⁷.

Por fim, a presença de indução de demanda é um dos elementos mais importantes na explicação dos gastos crescentes com saúde em quase todos os países. Ela está relacionada principalmente aos incentivos financeiros e às preferências dos prestadores que detêm o poder de decisão, sobretudo, do cuidado hospitalar^{3, 4, 5, 6, 8} sendo ainda intensificada com o dinamismo do mercado na criação de novas tecnologias⁸. Para a maior parte dos cuidados com a saúde, especialmente curativos, o princípio da soberania do consumidor não é válido, passando a ser de responsabilidade do prestador a escolha do serviço de saúde a ser consumido, o que determina uma oportunidade para a prática da indução de demanda.

Outro elemento importante que impacta a performance do setor hospitalar é a organização do sistema de saúde e conseqüentemente a forma de entrega dos serviços de saúde. No Sistema Único de Saúde (SUS), a organização do cuidado é realizada de forma descentralizada, o que exige uma coordenação dos entes federativos na alocação dos recursos hospitalares. Para garantir a eficiência do gasto hospitalar, a organização do sistema deveria considerar a presença de economias de escala e escopo no provimento desses serviços ^{11, 12}. Esse é um desafio para o Brasil cuja configuração geopolítica é marcada por municípios de pequeno porte, que além de baixa escala populacional, apresentam reduzida capacidade técnica de gestão e escassez de recursos humanos e equipamentos¹³.

Nesse contexto, a gestão hospitalar no SUS é complexa. Ela combina arranjos institucionais muito diversificados que incluem uma interação múltipla de prestadores públicos e privados, assim como é regida por diferentes níveis administrativos e que guardam grande heterogeneidade regional e socioeconômica. Na ausência de um planejamento do cuidado hospitalar, uma forma de analisar a sua performance e aferir controle sobre seu financiamento é através do acompanhamento de indicadores. A análise de *Benchmarking* possibilita observar o desempenho do setor com base nas melhores práticas, sendo o monitoramento de indicadores hospitalares uma forma de garantir o uso mais eficiente dos recursos. Nos países da OCDE há um acompanhamento periódico de indicadores hospitalares².

É comum haver perspectivas distintas sobre análises de performance, desempenho e eficiência hospitalar. Esses termos podem ser pensados de forma diferente segundo os princípios da economia, saúde pública ou pesquisa operacional. A influência e interdependência em diferentes contextos do cuidado hospitalar, no entanto, torna difícil pensar nesses conceitos separadamente. Neste trabalho, os termos desempenho e performance referem-se aos estudos que se dedicam à construção e análise de indicadores hospitalares, enquanto o conceito de eficiência referem-se aos estudos direcionados à Análise de Envoltória de Dados (DEA).

Para o Brasil, alguns trabalhos já mensuraram indicadores hospitalares considerando conjuntos específicos de hospitais ^{9, 14, 15, 16, 17, 18}. Segundo esses estudos, a performance hospitalar varia principalmente entre os diferentes portes e formas de governança ^{9, 14, 15, 16, 17, 18}. Para o país como um todo, há apenas um estudo não muito recente para o ano de 2002, que utilizou os dados da pesquisa de Assistência Médico-Sanitária (AMS) ⁹. A escassez de estudos para o país como um todo se deve em parte à ausência de dados confiáveis no nível nacional ^{19, 20}. Os dados do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) só passaram a ser mais amplamente e periodicamente alimentados recentemente, após regulamentação estabelecida pelo Ministério da Saúde e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária

(ANVISA)^{19, 20}. A existência do CNES e a possibilidade de cruzamento com as informações de produção do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) abrem uma janela de oportunidade para a definição de um conjunto de indicadores que podem ser acompanhados de forma sistemática pelos gestores. Esse trabalho explora as possibilidades de construção de indicadores para o universo dos hospitais gerais brasileiros a partir das informações oficiais disponíveis. São propostos indicadores que contemplam as principais dimensões que devem ser consideradas na análise da organização do cuidado hospitalar: produção e fatores de produção, *mix* público-privado, *case-mix*, desempenho, qualidade, e abrangência geográfica.

2 MÉTODOS

Dois bancos de dados oficiais foram utilizados para a construção dos indicadores: Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) e Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS)^{21, 22}. O CNES é um registro nacional de preenchimento obrigatório com informações de capacidade instalada e recursos humanos de todos os estabelecimentos de saúde. Como a infra-estrutura hospitalar é praticamente constante ao longo do ano, selecionamos o mês de julho como referência temporal. O SIH/SUS possui informações de todas as internações financiadas pelo SUS. Foram consideradas apenas as AIHs tipo 1, denominadas normais, pois as internações de longa duração (AIHs tipo 5) consistem em cuidados de saúde muito diferenciados, como, por exemplo, tratamentos psiquiátricos. Essas bases foram integradas utilizando-se o código CNES como um identificador único. Os indicadores foram construídos para o ano de 2015, período em que os dados do CNES já apresentam maior confiabilidade¹⁹.

De um total de 6.154 hospitais, 5.120 eram hospitais gerais. Para caracterizar os hospitais que prestam serviços ao SUS, foram incluídos somente os hospitais que registraram pelo menos 50% dos leitos alocados para o SUS. Os hospitais praticamente inoperantes, com menos de 50 internações ao longo do ano, foram desconsiderados. Além disso, três hospitais não foram analisados, pois não havia registros para médicos em seus cadastros. Dessa forma, 1.616 hospitais foram excluídos da análise. No total, o estudo considera 3.504 hospitais gerais que atenderam pacientes do SUS.

Inicialmente foram definidas 7 dimensões a serem analisadas, considerando aspectos importantes do processo hospitalar, assim como a disponibilidade de informações oficiais, conforme descrito no Quadro 1: (i) *mix* público-privado; (ii) produção; (iii) *case-mix*; (iv) fatores de produção; (v) desempenho; (vi) qualidade; (vii) abrangência geográfica.

A dimensão *mix* público-privado informa o quanto o hospital está dedicado ao atendimento de pacientes do SUS, quanto maior o percentual de leitos SUS, maior a dependência deste hospital ao financiamento do SUS. Essa dimensão impacta diretamente a variável de resultado de produção, mensurada pelo volume mensal de atendimentos prestados ao SUS (número de Autorizações de Internações Hospitalares – AIHs).

Diferenças na composição da produção – *case-mix*, podem ser a principal fonte de variação nos custos hospitalares, pois refletem a complexidade e severidade dos tratamentos⁸. No presente trabalho, o *case-mix* foi classificado segundo os níveis de complexidade (médio e alto) e proporção de Internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária (ICSAPs), que correspondem aos procedimentos de menor complexidade, que poderiam ter sido resolvidos no âmbito da atenção primária²³. A maior frequência de ICSAP além de refletir baixa resolutividade da atenção primária, também aponta para inadequação da gestão hospitalar^{23, 24, 25}. Hospitais com baixa taxa de ocupação, por exemplo, tendem a apresentar proporção elevada desse tipo de atendimento²⁵. Segundo a Lei de Roemer, um sistema de saúde tem a habilidade de determinar sua própria demanda, mesmo em mercados saturados²⁵. Embora de difícil identificação e mensuração, sabe-se que esse tipo de internação tende a ocorrer com maior frequência quando o hospital ainda tem quotas para realização de AIHs^{24, 25}.

A dimensão dos fatores de produção contempla a eficiência técnica dos insumos, isto é, a capacidade do hospital de combinar otimamente o uso de profissionais médicos e não médicos e de equipamentos (tecnologia). A dimensão dos recursos financeiros se refere ao valor total dos procedimentos hospitalares remunerados através do pagamento das AIHs, que se constitui na informação de despesa disponível no âmbito hospitalar nacionalmente.

Quadro 1. Dimensões hospitalares analisadas, indicadores e método de cálculo.

Dimensão	Indicador	Método de Cálculo do Indicador*
Mix público-privado	Leitos SUS (%)	$(\text{Total de leitos SUS} / \text{Total de leitos existentes}) * 100$
Produção	Volume de atendimentos prestados no mês	Total de AIHs/12
Case-mix	Procedimentos de média complexidade (%)	$(\text{Total de AIHs de média complexidade} / \text{Total de AIHs}) * 100$
	Procedimentos de alta complexidade (%)	$(\text{Total de AIHs de alta complexidade} / \text{Total de AIHs}) * 100$
	Internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária - ICSAPs (%)	$(\text{Total de ICSAPs} / \text{Total de AIHs}) * 100$
Fatores de Produção¹	Médicos/leito	Total de médicos padronizados/Total de leitos SUS
	Enfermeiros/leito	Total de enfermeiros padronizados/Total de leitos SUS
	Auxiliares- técnicos enfermagem/leito	Total de auxiliares e técnicos de enfermagem padronizados/Total de leitos SUS
	Profissionais da alta gestão/leito	Total de diretores e gerentes/ Total de leitos SUS
	Tecnologia de média complexidade empregada/leito	Equipamentos de média complexidade/ Total de leitos SUS
	Alta tecnologia empregada/leito	Equipamentos de alta complexidade/ Total de leitos SUS
	Gasto por internação padronizado (US\$/internação)	Gasto total das AIHs padronizados/Total de AIHs
	Índice de Rotatividade	Total de altas hospitalares e óbitos/Total de leitos SUS
Desempenho	Tempo Médio de Permanência (dias)	Total de dias de permanência/Total de AIHs
	Taxa de Ocupação (%)	$(\text{Total de dias de permanência} / \text{Total de leitos SUS}) * 100$
	Taxa bruta de mortalidade padronizada (%)	$(\text{Total de óbitos padronizados} / \text{Total de AIHs}) * 100$
Qualidade²	Transferências hospitalares (%)	$(\text{Total de transferências} / \text{Total de AIHs sem óbito}) * 100$
	Distância média percorrida pelos pacientes do SUS (km)	Total da distância percorrida pelos pacientes/Total de AIHs
Abrangência Geográfica	Atendimento não-residentes	$(\text{Total de AIHs de não-residentes} / \text{Total de AIHs}) * 100$

*As variáveis foram anualizadas para o cálculo dos indicadores. ¹ Pessoal padronizado segundo a carga horária de 12 horas para médicos, 36 horas para enfermeiros e 40 horas para auxiliares e técnicos de enfermagem. Os profissionais da alta gestão não foram padronizados, pois seguem uma carga horária única. Equipamentos de média complexidade foram agrupados segundo NH5, NH6 e NH7 da variável NIV_HIER. Equipamentos de alta complexidade correspondem a categoria NH8 da variável NIV_HIER. Gasto por internação foi padronizado segundo a distribuição dos sete diagnósticos mais frequentes no Brasil em 2015, agrupados segundo os capítulos da CID-10: 1) aparelho circulatório; 2) lesões, envenenamentos e outras causas externas; 3) aparelho circulatório; 4) gravidez, parto e puerpério; 5) neoplasias; 6) aparelho digestivo; 7) infecciosas e parasitárias. Os demais capítulos foram considerados como compondo um único grupo.

² Mortalidade padronizada segundo a distribuição dos óbitos hospitalares do Brasil em 2015, segundo as seis causas mais letais dos capítulos da CID-10, foi considerada como padrão: 1) infecciosas e parasitárias; 2) aparelho circulatório; 3) sintomas anormais de exames clínicos e laboratoriais; 4) neoplasias; 5) aparelho respiratório; 6) doenças endócrinas nutricionais e metabólicas. As demais causas de morte foram consideradas como compondo um único grupo.

Os indicadores na dimensão desempenho constituem aqueles comumente utilizados pela literatura para analisar a performance hospitalar ⁹. O índice de rotatividade reflete a eficiência dos recursos físicos disponíveis e é medido pela razão do número de atendimentos que resultaram em alta (ou em óbito) pelo número de leitos do hospital. A taxa de ocupação informa o grau de utilização dos recursos físicos (leitos) disponíveis. Altas taxas de ocupação em geral estão associadas a uma melhor performance, mas dependem diretamente do tempo médio de permanência, que, por sua vez, reflete a qualidade do atendimento prestado, a eficiência da gestão clínica ou o case-mix do atendimento prestado ⁹. Dessa forma, é importante analisar os indicadores de desempenho em conjunto.

A dimensão da qualidade reflete os resultados positivos no atendimento aos pacientes. Altos percentuais de transferências entre hospitais apontam para uma baixa resolutividade dos serviços prestados. A taxa de mortalidade hospitalar pode refletir a qualidade do cuidado médico, mas está condicionada ao tipo de *case-mix* do hospital.

A dimensão abrangência geográfica indica o grau de referência de um hospital. O elevado influxo de não-residentes pode indicar a baixa resolutividade dos serviços prestados nas localidades de origem. Para calcular o indicador da distância média percorrida pelos pacientes do SUS, foi utilizada a informação do município de residência do paciente e do município de localização do hospital, presentes nas bases de dados do SIH/SUS e do CNES, e o menor caminho a ser percorrido entre os municípios considerando transporte multimodal ^{21, 22, 26}. Os indicadores hospitalares foram construídos utilizando-se o *software* Stata 14.0.

As variáveis de profissionais da saúde, gastos e mortalidade foram padronizadas para possibilitar a comparação desses indicadores entre os hospitais. Os profissionais de saúde foram padronizados de acordo com a carga horária trabalhada. Os gastos e a taxa de mortalidade foram padronizados segundo os capítulos agregados da Classificação Internacional de Doenças – CID-10.

Para identificar hospitais similares em termos dos indicadores e, como consequência, definir o recorte mais apropriado para a análise do perfil dos hospitais, foi utilizada neste estudo a análise de Classe Latente para *Clusters* ²⁷. O modelo de Classe Latente para *Clusters* (MCL) assume que existe uma variável latente, x , de natureza multinomial e com cada categoria representando um perfil específico. O modelo utiliza T indicadores y_{it} dos i elementos amostrais e R covariáveis z_{ir}^{cov} , as quais condicionam à ocorrência de x . Os indicadores y_{it} e as covariáveis z_{ir}^{cov} podem assumir qualquer natureza (contínua, nominal, ordinal ou de contagem). A estrutura probabilística do MCL descrita a seguir assume a presença de covariáveis e a

possibilidade de uso de efeitos diretos. Os efeitos diretos modelam a covariância residual entre indicadores e entre indicadores e covariáveis, mesmo condicionados em x . Sob essas premissas, a densidade de y_i pode ser descrita como:

$$f(\mathbf{y}_i | \mathbf{z}_i^{cov}) = \sum_{x=1}^K P(x | \mathbf{z}_i^{cov}) \prod_{h=1}^H f(y_{ih} | x, \mathbf{z}_i^{cov})$$

em que $P(x | \mathbf{z}_i^{cov})$ corresponde à probabilidade de observar a variável latente (ou cada uma de suas categorias), a qual depende diretamente dos níveis das covariáveis. Para incluir efeitos diretos de indicadores e entre indicadores e covariáveis, agrupam-se os T indicadores em H grupos. Assim, os indicadores que pertencem ao mesmo conjunto H continuam correlacionados após a condicionalidade em x e $\mathbf{z}_i^{cov}$, mas os que pertencem a H distintos serão condicionalmente independentes. As distribuições condicionais, específicas por classe, $f(y_{ih} | x, \mathbf{z}_i^{cov})$, podem ter formas exatas distintas dependendo da escala das variáveis em cada subconjunto h .

A identificação das probabilidades de ocorrência de cada classe é dada por:

$$P(x | \mathbf{z}_i^{cov}) = \frac{\exp(\eta_{x | \mathbf{z}_i^{cov}})}{\sum_{x'=1}^K \exp(\eta_{x' | \mathbf{z}_i^{cov}})}, \quad \text{onde } x = 1, \dots, K$$

em que $\eta_{x | \mathbf{z}_i^{cov}} = \mathbf{z}_i^{cov} \boldsymbol{\gamma}$, onde $\boldsymbol{\gamma}$ representa os efeitos de cada covariável sobre a transformação linear da probabilidade de ocorrência de cada *cluster*. Os parâmetros do modelo são obtidos por máxima verossimilhança. No artigo foram considerados os indicadores das dimensões propostas, e como covariáveis foram incluídos o porte hospitalar – pequeno (até 50 leitos), médio (51 a 150 leitos) e grande (acima de 150 leitos), o tipo de prestador (público municipal, público estadual, público federal, privado e filantrópico) e a finalidade de ensino e pesquisa.

Por fim, para definir o número ideal de perfis, utilizou-se um p-valor estimado por *bootstrap*, $\hat{p}_{boot}$. A estatística -2LL(difference) estimada por *bootstrap* é sugerida para modelos com indicadores contínuos²⁸. Define-se a estatística -2LL(difference) = -2*(LL_{H0}-LL_{H1}), ou seja, compara-se um modelo com K perfis (sob H_0) com um modelo com K+1 perfis (sob H_1). Nesse caso, o $\hat{p}_{boot}$ é estimado como a proporção das estatísticas de *bootstrap* maiores do que a -2LL(difference) da amostra original. Para gerar o intervalo de confiança para o $\hat{p}_{boot}$, utiliza-se o erro-padrão $s(\hat{p}_{boot}) = \sqrt{\hat{p}_{boot}(1 - \hat{p}_{boot})/B}$, em que B representa o número de replicações. Valores de $\hat{p}_{boot} > 0.05$ sugerem um modelo com menos perfis. Todas as estimativas foram realizadas utilizando-se o *software* Latent Gold 5.1.

Foi estimada uma série de modelos de *cluster* latentes, com $k = 1, \dots, 10$. Com o objetivo de selecionar o número ideal de *clusters*, foram observados tanto o Critério de Informação Bayesiano (BIC) como o Erro de Classificação. Se a diminuição no BIC for seguida de um aumento significativo na Classificação do Erro após a inclusão de um *cluster* adicional, opta-se pelo modelo mais parcimonioso. Baseado nesses dois critérios, optou-se pelo modelo de 3 *clusters* com um Erro de Classificação inicial de 0,0079. Uma vez que todos os indicadores são contínuos (ou de contagem) e utilizou-se o método de teste de *bootstrap*, comparando um modelo de 3 *clusters* com outro de 4 *clusters*. O teste da razão de verossimilhança não foi significativo para os 49 parâmetros adicionais, reforçando a escolha da solução de 3 *clusters*.

Após a estimação do modelo, analisou-se a matriz de resíduos bivariados condicionais e foram identificados resíduos elevados (acima de 1) para os seguintes pares: 1) Porte Hospitalar com Leitos SUS, Taxa de Ocupação, Volume de atendimentos prestados no mês, Taxa Bruta de Mortalidade Padronizada, Profissionais de Alta Gestão/Leito, Atendimento de Não-residentes, Taxa de ICSAPs, Gasto por Internação Padronizado, 2) Tipo de Prestador com Leitos SUS, Médicos/leito padronizado e 3) Hospital de Ensino com Atendimento de Não-residentes. Esse resultado é indicativo de violação do pressuposto de independência local. Para relaxar esse pressuposto e garantir ainda a interpretabilidade do modelo com mínima perda de parcimônia, foram incluídos efeitos diretos para todos esses pares com resíduos elevados, e feito um teste $-2LL(difference)$ por *bootstrap* com 5000 replicações entre este modelo e o modelo original.

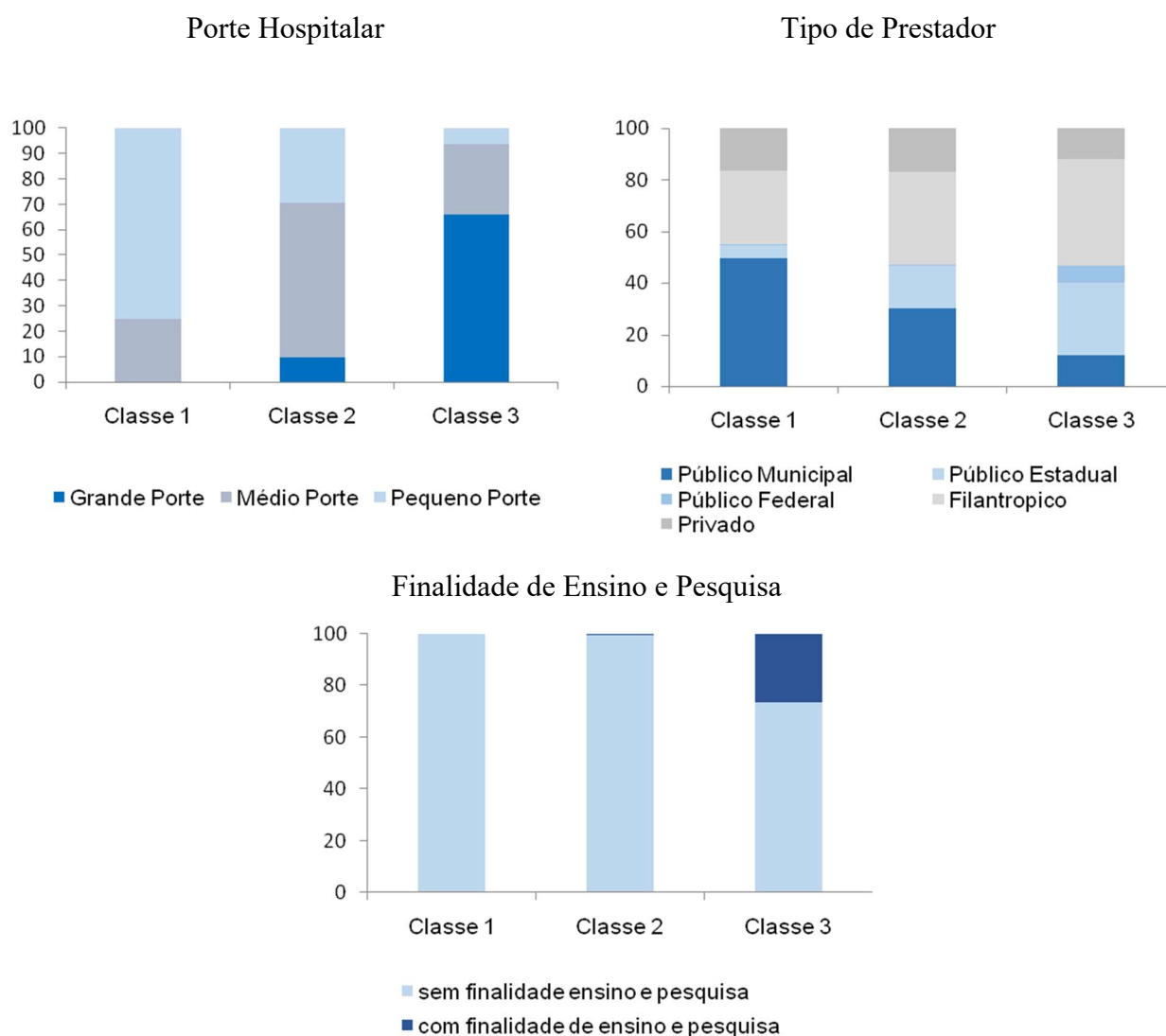
O modelo de 3 *clusters* com efeitos diretos apresentou maior aderência aos dados, com o Erro de Classificação abaixo de 0,01 (0,0089). O teste de verossimilhança do *bootstrap* comparando o modelo de 3 *clusters* com efeitos diretos com o modelo de 3 *clusters* original foi significativo, sugerindo que a inclusão de parâmetros foi importante para replicar os padrões nos dados. Todos os efeitos diretos apresentaram significância a 1% e os resíduos bivariados condicionais após a inclusão dos efeitos diretos foram reduzidos para todos os pares de indicadores-indicadores e indicadores-covariáveis (abaixo de 1) de modo a garantir a interpretabilidade tradicional do modelo de *cluster* latente.

3 RESULTADOS

A Figura 1 apresenta a participação de cada tipo de hospital, descrito pelas covariáveis, em cada um dos *clusters*. A variável porte mostra padrões bem distintos para os três *clusters* identificados. A maior parte

dos hospitais de pequeno porte (75,16%) apresenta as características do *cluster* 1, denominado Classe 1, enquanto os hospitais de médio porte estão em sua maioria (60,97%) representados pela Classe 2 e os hospitais de grande porte (66,08%) pela Classe 3. Em relação ao tipo de prestador, a participação nos *clusters* não é tão definida como a observada para a covariável porte. O tipo de prestador da Classe 1 é predominantemente público municipal (49,48%), seguido dos filantrópicos (28,27%) e privados (16,56%). Na Classe 2 estão predominantemente os filantrópicos (36,02%), seguidos dos públicos municipais (30,30%). Os hospitais da Classe 3 são predominantemente filantrópicos (41,12%), seguidos dos públicos estaduais (28,03%). Os hospitais de ensino e pesquisa estão concentrados na Classe 3, representando 26,29% do total de hospitais dessa classe.

Figura 1. Grau de pertencimento (%) das covariáveis do modelo nos *clusters* estimados, hospitais gerais brasileiros, 2015.



Fonte: CNES e SIH/SUS – 2015^{21,22}.

A Tabela 1 apresenta os testes de significância para os parâmetros dos indicadores e covariáveis estimados. Os testes de Wald e dos p-valores mostram que todos os indicadores são estatisticamente significativos a 1% entre as classes latentes. Na tabela também são apresentados os Coeficientes de Determinação (R^2) de cada indicador do Modelo de Classe Latente. A medida do R^2 indica o grau no qual a variância de um indicador é explicada pela variável latente. Os indicadores analisados que mais explicam a composição dos *clusters* são volume de atendimentos prestados no mês ($R^2 = 0,4876$), percentual de procedimentos de média e alta complexidade ($R^2 = 0,3560$), gasto por internação padronizado ($R^2 = 0,5103$) e taxa de ocupação ($R^2 = 0,4892$). Além desses indicadores, atendimentos de não-residentes, taxas brutas de mortalidade, ICSAPs, tempo médio de permanência e auxiliares e técnicos de enfermagem por leito também se destacam na definição dos clusters, mas com um grau de explicação menor, com R^2 variando de 0,22 a 0,25.

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros sobre a forma de projeção linear, hospitais gerais brasileiros, 2015.

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Wald	valor-p	R^2
Quantidade de Leitos SUS	-29,53	-16,41	45,94	137,20	0,000	0,4606
Indicadores						
Leitos SUS (%)	2,99	-0,26	-2,73	110,36	< 0,001	0,0766
Volume de atendimentos prestados no mês	-134,41	-35,32	169,73	222,21	< 0,001	0,4876
Procedimentos de média complexidade (%)	3,92	3,86	-7,77	367,19	< 0,001	0,3560
Procedimentos de alta complexidade (%)	-3,92	-3,86	7,77	367,19	< 0,001	0,3560
Taxas de Internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária (ICSAPs)	6,94	-1,14	-5,80	172,60	< 0,001	0,2370
Médicos/leito padronizado	-0,94	-0,15	1,09	323,69	< 0,001	0,1084
Enfermeiros/leito padronizado	-0,15	-0,02	0,17	304,47	< 0,001	0,1516
Auxiliares- técnicos enfermagem/leito padronizado	-0,49	-0,02	0,51	475,36	< 0,001	0,2225
Profissionais da alta gestão/leito	-0,01	-0,01	0,02	10,04	0,0066	0,0040
Tecnologia de média complexidade empregada/leito	0,08	0,12	-0,20	100,75	< 0,001	0,0358
Alta tecnologia empregada/leito	-0,76	-0,26	1,03	692,73	< 0,001	0,3891
Gasto por internação padronizado (US\$/internação)	-114,14	-54,93	169,06	229,19	< 0,001	0,5103
Tempo Médio de Permanência (dias)	-1,62	-0,10	1,73	584,27	< 0,001	0,2430
Índice de Rotatividade	0,08	0,26	-0,34	39,03	< 0,001	0,0156
Taxa de Ocupação (%)	-17,94	3,66	14,28	459,75	< 0,001	0,4892
Taxa bruta de mortalidade padronizada (%)	-2,13	0,06	2,08	259,39	< 0,001	0,2684
Transferências hospitalares (%)	-0,09	0,88	-0,80	18,31	< 0,001	0,0125
Atendimento não-residentes	-8,63	0,47	8,16	88,55	< 0,001	0,2519
Distância média percorrida pelos pacientes do SUS (km)	-58,48	-15,52	74,00	166,54	< 0,001	0,0494

Fonte: CNES e SIH/SUS – 2015^{21,22}, câmbio médio de 2015 – séries históricas do Banco Central do Brasil²⁹.

A Tabela 2 apresenta os indicadores hospitalares segundo os *clusters* estimados. A maior parte dos hospitais gerais brasileiros está na Classe 1 (59,77%), sob a gestão pública municipal (49,48%), a qual realiza reduzido volume médio mensal de atendimentos (82,74 internações) e apresenta taxa média de ocupação muito baixa (21,36%). Neste *cluster*, estão hospitais que registraram apenas procedimentos de média complexidade e operam com uma intensidade de capital humano inferior aos demais *clusters*. A taxa bruta de mortalidade hospitalar padronizada (1,98%), abaixo dos demais *clusters*, reflete o baixo grau de complexidade dos atendimentos prestados, assim como a resolutividade dos serviços prestados. Além disso, os resultados mostram que muitos dos procedimentos realizados nesses hospitais deveriam ter sido resolvidos no âmbito da atenção primária (27,95%) – ICSAPs. Esses hospitais são praticamente utilizados pela população local, pois atendem apenas 11,01% de pacientes não-residentes, cuja distância média de deslocamento é de 183,37 km (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativa de médias condicionais dos indicadores hospitalares, hospitais gerais brasileiros, 2015.

		Classe 1	Classe 2	Classe 3
	Tamanho do Cluster (%)	59,77%	23,88%	16,34%
	Quantidade de Leitos SUS	35,63	73,35	197,62
Dimensões	Indicadores			
Mix público-privado				
	Leitos SUS (%)	91,98	87,41	85,07
Produção	Volume de atendimentos prestados no mês	82,74	258,52	685,25
Case-mix	Procedimentos de média complexidade (%)	100,00	99,94	88,31
	Procedimentos de alta complexidade (%)	0,01	0,06	11,69
	Taxas de Internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária (ICSAPs)	27,95	17,10	10,59
Fatores de	Médicos/leito padronizado	0,50	1,30	2,88
Produção	Enfermeiros/leito padronizado	0,13	0,26	0,46
	Auxiliares- técnicos enfermagem/leito padronizado	0,52	0,99	1,52
	Profissionais da alta gestão/leito	0,04	0,03	0,04
	Tecnologia de média complexidade empregada/leito	0,48	0,53	0,20
	Alta tecnologia empregada/leito	0,00	0,50	1,79
	Gasto por internação padronizado (US\$/internação)	117,53	196,75	473,88
Desempenho	Tempo Médio de Permanência (dias)	3,11	4,63	6,45
	Índice de Rotatividade	1,94	2,12	1,52
	Taxa de Ocupação (%)	21,36	45,81	64,73
Qualidade	Taxa bruta de mortalidade padronizada (%)	1,98	4,52	6,89
	Transferências hospitalares (%)	3,59	4,55	2,88
Abrangência	Atendimento não-residentes	11,01	25,85	36,17
Geográfica	Distância média percorrida pelos pacientes do SUS (km)	183,37	226,33	315,86

Fonte: CNES e SIH/SUS – 2015^{21,22}, câmbio médio de 2015 – séries históricas do Banco Central do Brasil²⁹.

Os hospitais da Classe 3, embora representem 16,34% dos hospitais do país, são responsáveis por elevado volume de atendimentos: 685,25 internações por mês, sendo 88,31% média complexidade e 11,69% alta complexidade. E são nestes hospitais onde os procedimentos de alta complexidade são realizados. Os hospitais do *cluster* em que os hospitais de grande porte e de ensino e pesquisa têm maior probabilidade de ocorrência são mais intensivos em capital humano da área da saúde e em alta tecnologia. A maior complexidade dos atendimentos prestados é também refletida no gasto médio por internação (473,88 US\$/internação), no tempo médio de permanência (6,45 dias) e na taxa bruta de mortalidade padronizada (6,89%). Já em termos de profissionais da alta gestão, não se diferenciam muito. Esses hospitais operam com uma taxa média de ocupação de 64,73%, situando-se próximos dos níveis preconizados pela Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) – de 75% a 85%³⁰. São também referência no atendimento, recebendo 36,17% de pacientes não-residentes que precisam se deslocar em média 315,86 km. Vale observar que 10,59% das internações realizadas nesses hospitais deveriam ter ocorrido no âmbito da atenção primária (Tabela 2).

Os hospitais da Classe 2 situam-se em uma posição intermediária, o que se reflete nos indicadores apresentados (Tabela 2). Em relação ao case-mix, praticamente não realizam procedimentos de alta complexidade, ainda que possuam equipamentos de alta complexidade. Das internações realizadas, 17,10% são ICSAPs e operam com taxa de ocupação (45,81%) abaixo do recomendado pela ANS. Chama a atenção o importante papel no atendimento de pacientes não residentes (25,85%).

4 DISCUSSÃO

Este estudo faz uma análise do perfil dos hospitais gerais brasileiros apresentando resultados relevantes quanto ao funcionamento e grau de importância dos hospitais na rede hospitalar pública. A análise multidimensional apontou para diferentes perfis vocacionais dos hospitais, que variam segundo porte, tipo de prestador e hospital de ensino e pesquisa.

Os hospitais pequenos são predominantemente público-municipais e, embora operem com taxas de ocupação muito abaixo do recomendado pela ANS³⁰, resultado que também foi observado em outros estudos^{9, 14}, possuem um importante papel no atendimento à população local. Além disso, realizam altas taxas de internações que deveriam ter sido atendidas na atenção primária (ICSAPs). Os hospitais de maior porte são em sua maioria público-estaduais e filantrópicos, possuem elevada abrangência geográfica,

realizam um elevado volume de atendimentos mensal, sendo neles realizados praticamente todos os procedimentos de alta complexidade dos pacientes do SUS. Esses hospitais apresentaram taxas de ocupação mais próximas do recomendado pela ANS ³⁰, também verificado em outros trabalhos para o Brasil ^{9, 14} e para os países da OCDE em 2017 ³¹. Embora muitos estudos tenham sido feitos para os hospitais de ensino e pesquisa brasileiros, apontando para suas peculiaridades como formando um grupo separado ^{9,14,32}, a análise multidimensional mostrou, no entanto, que seus indicadores se assemelham aos dos hospitais de grande porte.

Apesar do predomínio de determinados tipos de hospitais em cada um dos *clusters* identificados, alguns hospitais se encontram deslocados, como, por exemplo, hospitais grandes no *cluster* de hospitais menores. Esses hospitais parecem, portanto, não desempenhar seus papéis vocacionais, isto é: hospitais pequenos e público-municipais mais voltados aos problemas da população circunjacente e hospitais maiores como referência em atendimentos de alta complexidade, atendendo, portanto, uma maior proporção de não-residentes. Seria importante em um futuro trabalho identificar e estudar esses hospitais deslocados.

Os hospitais maiores possuem capacidade instalada disponível para atender pacientes adicionais, apontando para oportunidades importantes de reorganização do sistema hospitalar brasileiro. Essa reorganização, no entanto, precisa considerar não apenas o desempenho hospitalar, mas também o aspecto de equidade no acesso aos serviços hospitalares. Os hospitais de pequeno porte caracterizados por apresentarem baixo desempenho, podem ter sua existência associada à necessidade de garantir acesso aos serviços hospitalares, principalmente em áreas remotas. A maioria dos municípios brasileiros não possui escala populacional e/ou capacidade financeira para ofertar cuidados de saúde mais complexos ^{33,34}. Nesse sentido, hospitais municipais em cidades de pequeno porte populacional apresentam em geral um limitado papel na rede de cuidados. O princípio da descentralização do SUS gera incentivos para que os gestores locais invistam na instalação de pequenos hospitais de baixa resolutividade que operam mais como porta de entrada para o sistema e são referência para a população local. É necessária uma estratégia de coordenação na definição e planejamento da localização dos hospitais. Algumas tentativas para reorganizar a oferta têm sido realizadas no âmbito do SUS, como a regionalização e a formação de consórcios intermunicipais³⁵. Nenhuma dessas duas tentativas, no entanto, foi suficiente para reorganizar a oferta e limitar os incentivos dos gestores locais à manutenção e instalação de hospitais de pequeno porte municipais. Além disso, a atenção primária, ainda não é ordenadora do cuidado no SUS, onde ainda impera a lógica do cuidado agudo, o qual é ofertado sobretudo no ambiente hospitalar³⁴.

Nos últimos anos, as críticas em relação ao hospitalocentrismo fizeram com que a atenção hospitalar fosse marginalizada em termos de análises estratégicas do SUS³³. O sistema hospitalar funciona de forma desarticulada do restante da rede assistencial^{33, 34}. De 2002 a 2015, não houve avanços significativos na utilização dos recursos disponíveis nos hospitais de pequeno porte⁹, esses hospitais historicamente têm se caracterizado por apresentar baixas taxas de ocupação além de realizar elevado percentual de ICSAPs²⁵. No contexto atual de forte contenção dos gastos públicos, uma melhoria na gestão dos recursos hospitalares favoreceria a continuidade do provimento dos serviços.

Alguns países da União Europeia buscaram contornar a questão do baixo desempenho dos hospitais de pequeno porte através de reformas hospitalares, cujas estratégias variaram de centralização da provisão dos serviços hospitalares com fechamento de hospitais (departamentos), passando por fusões hospitalares até conversão de leitos hospitalares em leitos domiciliares^{36,37}. A reforma hospitalar em Portugal, por exemplo, buscou contornar a crise orçamentária do governo através de práticas de gestão que tinham como objetivo promover a maior eficiência, o maior acesso e qualidade para os pacientes³⁶. Mas uma limitação dessa reforma foi que alguns hospitais se fundiram, mas seus serviços continuaram a ser realizados em unidades separadas, sem ganhos significativos de eficiência³⁶.

A principal contribuição desse trabalho foi propor um conjunto de indicadores que permitem analisar o perfil dos hospitais segundo diferentes dimensões e que podem ser construídos a partir das informações públicas disponíveis. Esses indicadores foram suficientes para caracterizar os hospitais em diferentes perfis. Esse estudo é inédito, sobretudo por analisar a totalidade dos hospitais gerais no Brasil, uma vez que os estudos que precedem o presente trabalho se concentraram em grupos específicos de hospitais brasileiros^{9, 14, 15, 16, 17, 18}.

Esse estudo apresenta algumas limitações. Em primeiro lugar, dada a complexidade do cuidado médico, os indicadores não conseguem incorporar todas as particularidades do processo, como, por exemplo, expertise dos médicos, nível tecnológico dos equipamentos, condições de saúde dos pacientes. Em segundo lugar, o trabalho analisa apenas as internações financiadas pelo SUS, embora os tipos de prestadores sejam públicos, privados e filantrópicos. Além disso, os valores apresentados correspondem ao gasto apurado pelas AIHs, não considerando os recursos complementares que repassados aos hospitais. Apesar da possibilidade de ocorrência de erros de registros na base de dados do CNES, essa base é considerada como tendo uma boa confiabilidade¹⁹.

Os resultados encontrados nesse trabalho fornecem um panorama do setor hospitalar brasileiro, apontando para distintos perfis de funcionamento em termos de porte hospitalar, tipo de prestador e finalidade de ensino e pesquisa. O conjunto de indicadores proposto fornece parâmetros que podem contribuir para o monitoramento contínuo do setor e sua construção pode ser automatizada através da alimentação das bases administrativas já existentes. A análise desses indicadores, não exclui outros tipos de abordagem, como por exemplo, análises de eficiência técnica e de escala, que fornecem uma análise comparativa do desempenho desses hospitais.

REFERÊNCIAS

1. Ministério da Saúde. 2017 Contas do SUS na Perspectiva da Contabilidade Internacional – Brasil: 2010-2014.
2. OECD. 2015. Health at a Glance 2015. *OECD Indicators, OECD Publishing, Paris*. DOI: https://doi.org/10.1787/health_glance-2015-en.
3. Rosenthal MB and Frank RG. 2006. What is the empirical basis for paying for quality in health care?. *Medical Care Research and Review*, 2006; 63(2), 135-157. <https://doi.org/10.1177/1077558705285291>
4. Petersen LA, Woodard LD, Urech T, Daw C, Sookanan S. Does pay-for-performance improve the quality of health care?. *Annals of internal medicine*. 2006;145(4):265-72.
5. Werner RM, Kolstad JT, Stuart EA, Polsky D. The effect of pay-for-performance in hospitals: lessons for quality improvement. *Health Affairs*, 2011; 30(4), 690-698. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2010.127>
6. Santos TT. 2011. Evidências de indução de demanda por parto cesáreo no Brasil. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, Minas Gerais, Cedeplar/UFMG.
7. SANTOS MAB, and Servo LMS. 2016. A provisão dos serviços e ações do SUS: participação de agentes públicos e privados e formas de produção/remuneração dos serviços. Sistema de Saúde no Brasil, 205.
8. Andrade EO, Andrade EN, Gallo JH. Estudo de caso de oferta induzindo a demanda: o caso da oferta de exames de imagem (tomografia axial computadorizada e ressonância magnética) na Unimed-Manaus. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2011; 57(2): 138-143.

9. La Forgia GM, Couttolenc BF. Hospital performance in Brazil: the search for excellence (English). Washington, DC: World Bank. 2008. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/815061468015870054/Hospital-performance-in-Brazil-the-search-for-excellence>
10. Neto GV, Malik, AM. 2007. Tendências na assistência hospitalar. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12, 825-839.
11. Malachias I, Leles FAG, Pinto MAS, Andrade LCF, Alencar FB, Silva AE et al. Plano Diretor de Regionalização da Saúde de Minas Gerais (PDR-MG). Belo Horizonte. 2011.
12. Azevedo H and Mateus C. 2014. Economias de escala e de diversificação: uma análise da bibliografia no contexto das fusões hospitalares. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 32(1), 106-117.
13. Gragnolati M, Lindelow M, Couttolenc B. 2013. Twenty years of health system reform in Brazil: an assessment of the Sistema Único de Saúde. The World Bank.
14. Ramos MCDA, Cruz, LPD, Kishima, VC, Pollara WM, Lira ACOD, Couttolenc BF. Performance evaluation of hospitals that provide care in the public health system, Brazil. *Revista de Saúde Publica*. 2015; 49:43.DOI:10.1590/S0034-8910.2015049005748
15. Zucchi P, Bittar OJ, Haddad N. Produtividade em hospitais de ensino no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 1998;4:311-6.
16. Portela MC, Lima SM, Barbosa PR, Vasconcellos MM, Ugá MA, Gerschman S. Caracterização assistencial de hospitais filantrópicos no Brasil. *Revista de Saúde Pública*. 2004; 38:811-8.
17. Cunha JAC, Corrêa HL. Avaliação de desempenho organizacional: um estudo aplicado em hospitais filantrópicos: *Revista de Administração de Empresas*; 2013;53(5), 485-499.<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/30003>
18. Barbosa WF, Sousa EP. Eficiência técnica e de escala do sistema único de saúde nos municípios do Nordeste brasileiro. *Revista Econômica do Nordeste*. 2015; 46(3):99-113.
19. Rocha TAH, Silva NCD, Barbosa ACQ, Thumé ER, Rocha JV. Facchini LA. National Registry of Health Facilities: data reliability evidence. *Ciencia & Saude Coletiva*. 2018; 23(1): 229-240.<http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232018231.16672015>
20. Ministério da Saúde. Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saude. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, DATASUS. 2015a. Disponível em: https://wiki.saude.gov.br/cnes/index.php/P%C3%A1gina_principal

21. Ministério da Saúde. Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, DATASUS. 2015b. [citado 2019 jan 30] Disponível em: <http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude/servicos2/transferencia-de-arquivos>
22. Ministério da Saúde. Sistema de Informações Hospitalares. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, DATASUS. 2015b.[citado 2019 jan 30] Disponível em: <http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude/servicos2/transferencia-de-arquivos>
23. Ministério da Saúde. Portaria nº 221, de 17 de abril de 2008. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde. 2008. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/sas/2008/prt0221_17_04_2008.html
24. Alfradique ME, Bonolo PDF, Dourado I, Lima-Costa MF, Macinko J, Mendonça CS and Turci MA. 2009. Ambulatory care sensitive hospitalizations: elaboration of Brazilian list as a tool for measuring health system performance (Project ICSAP-Brazil). *Cadernos de Saúde Pública*, 25(6), 1337-1349.
25. Souza LLD, and Costa JSDD. 2011. Hospitalization for primary care-sensitive conditions in regional health districts in Southern Brazil. *Revista de saude publica*, 45(4), 765-772.
26. Carvalho LR, Jnior AAB, Amaral PVM, Domingues EP. Matrizes de distâncias entre os distritos municipais no Brasil: um procedimento metodológico. 2016. *Texto para Discussão*, (532). Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais.
27. Vermunt JK and Magidson J. 2002. Latent class cluster analysis. JA. Hagenaars and AL. McCutcheon (eds.), *Applied Latent Class Analysis*, 89-106. Cambridge: Cambridge University Press.
28. Langeheine R, Pannekoek J, and Van de Pol, F. 1996. Bootstrapping goodness-of-fit measures in categorical data analysis. *Sociological Methods & Research*, 24(4), 492-516.
29. Banco Central do Brasil. Taxa de Câmbio (R\$/US\$). Brasília. 2015. [citado 2019 jan 30] Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/expectativas/publico/en/serieestatisticas>.
30. Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS). Ministério da Saúde. Brasil. Fichas Técnicas dos Indicadores Hospitalares Essenciais – 2013. 2013. [citado 2019 jan 30] Disponível em: http://www.ans.gov.br/texto_lei_pdf.php?id=1575
31. .OECD. 2017. Health at a Glance 2017. OECD Indicators, OECD Publishing, Paris. DOI: https://doi.org/10.1787/health_glance-2017-en.
32. Lobo MSDC, Lins, MPE, Silva ACMD, Fizman R. 2010. Avaliação de desempenho e integração docente-assistencial nos hospitais universitários. *Revista de Saúde Pública*, 44, 581-590.

33. Viana ALD, Bousquat A, Melo GA, Negri Filho, A, and Medina MG. 2018. Regionalização e redes de saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, 23, 1791-1798.
34. Machado JA, and Guim ALDS. 2017. Descentralização e igualdade no acesso aos serviços de saúde: o caso do Brasil. *Rev. Serv. Público Brasília* 68 (1) 37-64 jan/mar 2017.
35. Mello L, Lago-Peñas S. (2013). Local government cooperation for joint provision: the experiences of Brazil and Spain with inter-municipal consortia. The challenge of local government size. theoretical perspectives, international experience, and policy reform. Edward Elgar, Cheltenham, 221-241.
36. Nunes AM. 2017. Análise da produtividade da política de fusão de unidades hospitalares em Portugal integradas no Serviço Nacional de Saúde. *Jornal Brasileiro de Economia da Saúde*, 9(1), 93-9.
37. Clemens T, Michelsen K, Commers M, Garel P, Dowdeswell B, and Brand H. 2014. European hospital reforms in times of crisis: Aligning cost containment needs with plans for structural redesign?. *Health Policy*, 117(1), 6-14.

ENSAIO 2

BRAZILIAN HOSPITALS' PERFORMANCE: AN ASSESMENT OF THE UNIFIED HEALTH SYSTEM (SUS)

ABSTRACT

This paper assesses the economic efficiency of Brazilian general hospitals that provide inpatient care for the Unified Health System (SUS). We combined data envelopment analysis (DEA) and spatial analysis to identify predominant clusters, measure hospital inefficiency and analyze the spatial pattern of inefficiency throughout the country. Our findings pointed to a high level of hospital inefficiency, mostly associated with small size and distributed across all Brazilian states. Many of these hospitals could increase production and reduce inputs to achieve higher efficiency standards. These findings suggest room for optimization, but inequalities in access and the matching of demand and supply must be carefully considered in any attempt to reorganize the hospital system in Brazil.

Keywords: Hospital Services; Technical Efficiency; Scale Efficiency; Data Envelopment Analysis (DEA); Spatial Analysis

LIST OF ILUSTRATIONS

Figura 1 - Characteristics of Brazilian general hospitals according to hospital size and healthcare provider, 2015.....	34
Figure 2 - Density curves for technical and scale efficiency scores by size and type of healthcare provider, Brazilian general hospitals, 2015	35
Figure 3 - Distribution of returns to scale according to hospital size and healthcare provider, Brazil, 2015	36
Figure 4 - Potential savings of inputs and expansion of outputs, average statistics (%) according to hospital size, 2015	37
Figure 5 - Map of Brazilian general hospitals' technical and scale efficiency, 2015.....	38
Figure 6 - LISA cluster analysis of technical and scale inefficiencies, 2015	39
Figure A1 - Results of the fractional logit model in terms of the marginal effects of each independent variable on technical efficiency	47

SUMMARY

1 INTRODUCTION	27
2 METHODS	29
2.1 DATA	29
2.2 ANALYSIS	30
3 RESULTS	32
3.1 HOSPITAL SIZE AND HEALTHCARE SERVICE PROVIDER ASSESMENT	32
3.2 SPATIAL PATTERN ASSESSMENT.....	37
4 DISCUSSION	39
5 REFERENCES	42
6 SUPPLEMENTARY MATERIAL	47

1 INTRODUCTION

Hospital expenditure represents a large share of total health expenses in almost all countries. The Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) estimates that hospital spending alone represented 38% of total health expenses in 2015 (OECD, 2015). This share reflects a complex production function since inpatient care usually involves different types of health and nonhealth professionals, demands a network of diagnostic services, and is technology intensive. In Brazil, the share of hospital expenditure in total expenses is similar to the OECD average, at approximately 36% for 2012-2014 (Ministério da Saúde, 2017). In part, this share is justified by the model of care provided in both the public and private sectors that is mostly centered in inpatient care (La Forgia et al., 2009; Gragnolati et al., 2013).

In this context, the study of hospital efficiency is crucial to achieving a sustainable health system. Efficiency depends on a multitude of factors, including the organization of healthcare services. Mosca (2007) found that OECD countries with a more decentralized health system have higher levels of health expenditure than their counterparts. The Brazilian Unified Health System (“Sistema Único de Saúde” [SUS]) provides universal and free access to a comprehensive set of healthcare services to the population. Healthcare services delivery is decentralized and hierarchically arranged, with municipalities playing a central role in their provision. Even though decentralization can better match local needs, it sometimes fails to achieve scale and technical efficiency requirements. In Brazil, for instance, a large number of municipalities (45%) have less than 10,000 inhabitants and limited technical capacity to manage and provide all the levels of services and complexity required (Collins et al., 2000; Gragnolati et al., 2013). As a result, a large number of small hospitals operate inefficiently, with low levels of occupancy (Rodrigues et al., 2016; World Bank, 2018). The socioeconomic heterogeneity in Brazil also translates to different management abilities among municipalities.

Additionally, there are different healthcare providers in Brazil: public, private and philanthropic. Most of the Brazilian public hospitals are owned and operated by federal, state, or municipal governments, with direct administration (47%). Concerning organizational functions, such as procurement and budget implementation, only a small portion is autonomous (less than 1%) or semiautonomous (5%), with indirect administration. Private hospitals (16%) are for-profit organizations, operating under competitive pressure and assuming responsibility for their own results. Philanthropic hospitals (32%) differ from private hospitals because they are nonprofit organizations. However, to be a philanthropic entity and consequently enjoy the benefits of financial and tax incentives, it is necessary to satisfy Ministry of Health requirements,

such as agreeing to provide a minimum of 60% of services to SUS patients (Pires et al., 2017). Therefore, organizational arrangements impact a hospital's performance, varying the incentives according to payment mechanisms, contracts or regulations (La Forgia and Couttolenc, 2008). The very existence of a decentralized health system composed of diverse healthcare providers in a large and socioeconomically heterogeneous country brings the study of efficiency to the forefront of health economic analysis in developing countries.

To the best of our knowledge, hospital efficiency analysis at the national level has not yet been conducted in Brazil. The existing studies focus on particular states (Marinho, 2003; Cesconetto et al., 2008; Souza et al., 2010; Souza et al., 2016), Brazilian capitals (Gonçalves et al., 2007) or groups of hospitals (Marinho, 2001; Lins et al., 2007; Araújo et al., 2014; Lobo et al., 2016; Rodrigues et al., 2016). Regardless of the level of aggregation, these studies find that the majority of hospitals in Brazil are inefficient (Marinho, 2003; Gonçalves et al., 2007; La Forgia et al., 2009; Lobo et al., 2016; Rodrigues et al., 2016). Inefficiency is particularly common among small hospitals. Rodrigues et al. (2016) showed that 53.13% of small hospitals in Brazil were operating inefficiently in 2014. Using a very small share of Brazilian hospitals (8%), La Forgia and Couttolenc (2008) found an average technical efficiency score of 0.34. This very low average score calls into question the validity of La Forgia and Couttolenc's findings. This is a very low score when compared to the OECD average, which ranges from 0.77 to 0.82 (Varabyova and Schreyögg, 2013). For instance, Portugal, despite having an average score above 0.90 for hospitals' technical and scale efficiencies, was revealed to have an excess of full-time equivalent doctors and nurses, pointing to opportunities to improve productivity with reductions in operational resources (Ferreira, Nunes and Marques, 2018).

Recently, Lins et al. (2019) and the World Bank (2018) studied Brazilian municipalities' health performance. Lins et al. (2019) analyzed municipal efficiency in health provision. The World Bank report found a high level of inefficiency in the provision of secondary healthcare services, suggesting that improvements in high- and medium-complexity healthcare are feasible and would allow the reallocation of financial resources to primary healthcare (World Bank, 2018). Municipalities with a large expenditure on medium-complexity hospital services are those with the highest levels of inefficiency (World Bank, 2018). These studies are different from ours as they used the municipality instead of hospitals as the unit of analysis. The approach of using local municipalities as the production unit of hospitalizations is not adequate because it hides the intramunicipal heterogeneity in terms of scale and efficiency. Moreover, the studies also used the aggregate level of healthcare expenditure (World Bank, 2018) or specific health

indicators (Lins et al., 2019) as inputs instead of production factors directly measured at the hospital level. As a consequence, there is no clear guidance in terms of public intervention at the hospital level.

In contrast to previous studies, we assessed hospital efficiency by taking into account all Brazilian general hospitals that provided healthcare services for the SUS in 2015. Combining efficiency estimation and spatial analysis, we found a high proportion of inefficiency associated with small and public hospitals. Despite some level of spatial clustering, inefficiency is widespread in the national territory. This is the first nationwide study to estimate inefficiency at the hospital level and the first to explore the spatial distribution of such inefficiency.

2 METHODS

2.1 DATA

We used two official cross-sectional databases: the National Registry of Health Facilities (CNES) (Ministério da Saúde, 2015a) and the Hospital Information System of the Unified Health System (SIH/SUS) (Ministério da Saúde, 2015b). CNES is a national registry of mandatory completion that gathers monthly information on all health facilities, including their infrastructure and human resources. The SIH/SUS is an administrative database that contains information regarding all hospitalizations financed by the SUS, including characteristics of patients and medical procedures. We merged these databases using the CNES code as a unique identifier. In this analysis, we considered July 2015 as the temporal reference (midyear) for the CNES database and compiled all hospitalizations that occurred during the year from the SIH/SUS database. We excluded long-term hospitalizations since they refer to treatments that require long-term recovery, such as psychiatric or tuberculosis care. Excluded cases represented only 2.5% of total inpatient care delivered in that year.

From a total of 6,154 general and specialized hospitals, 5,120 are general hospitals. One limitation of the data used in this study is that available information concerns only hospitalizations financed by the SUS, regardless of whether they are provided by a private or by a public health facility. As private hospitals may be hired by the SUS but also provide inpatient care to the private sector, their production would be underestimated if we considered only hospitalizations financed by the SUS. To take into account this data limitation, we included only general hospitals that had at least 50% of beds allocated to the SUS and registered more than 50 hospitalizations throughout the year. Three hospitals that registered zero doctors

were also excluded. In total, 1,616 general hospitals were excluded and 3,504 general hospitals included in the study.

2.2 ANALYSIS

We performed data envelopment analysis (DEA) (Cooper et al., 2004) to assess hospital efficiency. DEA is a linear programming approximation that estimates decision making unit (DMU) efficiency comparing each unit to best practice (Chen et al., 2005). It is a nonparametric model that identifies best performers and builds a production frontier under which the other DMUs are evaluated. The efficiency score is estimated as the distance of a DMU to the production frontier (Sherman, 1984; Chen et al., 2005). One advantage of using DEA is that it allows the estimation of efficiency by considering multiple inputs and outputs and decomposing total efficiency into technical and scale efficiencies (Cooper et al., 2004; Cooper et al., 2007). Technical inefficiency is observed when the mix of inputs does not reach the maximum feasible production (Bogetoft and Otto, 2010). Scale efficiency is obtained as the ratio between the total efficiency score estimated assuming constant returns of scale and variable returns to scale. We chose the input-oriented model (Sherman and Zhu, 2006) since the increase in the public health budget is probably not a feasible scenario. Brazil has experienced public deficits in recent decades, and the federal government has recently implemented strict measures to contain public expenditures. We chose the variable returns to scale (VRS) model since it accepts a more varied technology set. We also conducted a DEA slack analysis to check for the existence of DMUs that are considered Farrell efficient (weakly efficient). When the production function presents some flat regions, the efficiency of the DMUs projected onto these regions (Farrell efficient) may be improved by reducing the level of inputs; depending on the shape of the curve, output variations are also feasible (Bogetoft and Otto, 2010).

Another important aspect of efficiency analysis is to consider minimally homogenous DMUs in terms of inputs and outputs. We classified hospitals into three groups based on a previous work of Botega, Andrade and Guedes (2020) that applied latent cluster class analysis to identify similar hospitals in terms of indicators and technology settings. The latent cluster class analysis identified three clusters of hospitals: small (less than 50 beds), medium (from 51 to 150 beds) and large hospitals (over 150 beds). Therefore, in our DEA specification, we ran separate models for each of these three groups. We also compared efficiency scores among type of healthcare providers (public, private, and philanthropic).

We included as inputs: (i) human resources working for the SUS (doctors, nurses, nursing assistants, and technicians), (ii) infrastructure dedicated to the SUS (number of beds, number of pieces of medium- and high-tech medical equipment). The numbers of doctors, nurses, and nurse assistants working were standardized by workload hours to allow for hospital comparisons. The output variables are the number of hospitalizations according to five groups of ICD-10 (circulatory, respiratory, pregnancy, childbirth/puerperium procedures, and others) and two age groups (younger than 60 and over 60 years old). These first three ICD-10 groups were responsible for 42% of all hospitalizations delivered in 2015 by the SUS. This disaggregation intends to control for differences in hospitals' service composition and patients' risk attributes. For instance, childbirth and puerperium procedures usually require short stays compared to circulatory procedures. Additionally, age is the only available variable that allows adjustments for risk attributes.

Density curves for the efficiency scores were represented by Epanechnikov kernel estimators. We performed a multivariate analysis of variance (MANOVA) to compare and test mean differences in efficiency scores by hospital size and type of healthcare providers. All analyses were estimated using R (version 3.3.3): for DEA with the benchmarking library and for MANOVA with the stats library.

To identify hospitals' efficiency patterns throughout the country, we estimated a continuous efficiency surface from hospitals' efficiency score. The spatial interpolation used the inverse distance weighting (IDW) method, which estimates the missing values using the sum of the weights of existent sample points in the neighborhood. As the weights are inversely associated with the distances between the predicted and the sampled points, this method more heavily weights the nearest sampled locality and is usually applied when certain locations attributes are unknown or inexistent (Lu and Wong, 2008). In our study, for example, there are some municipalities with one or more hospitals and others with none. The estimated values are a linear combination of the weights and the observed values (Lu and Wong, 2008). This analysis was performed using QGIS (3.10).

While surface analysis only identifies hot spots of hospital efficiency, it does not test whether these local spatial patterns are statistically significant. The statistical test of local clustering was performed using local spatial autocorrelation (LISA) analysis (Anselin, 2016). Departing from the point data representing hospital units, we generated Voronoi polygons in QGIS and imported this shapefile into GeoDa (version 1.14.0) to perform the global spatial autocorrelation (Moran I) and LISA tests. We used a queen matrix of order one as spatial weights and 99,999 permutations for bootstrapping hypothesis testing of spatial autocorrelation.

3 RESULTS

3.1 HOSPITAL SIZE AND HEALTHCARE SERVICE PROVIDER ASSESSMENT

Figure 1 presents the main characteristics of Brazilian general hospitals. The majority of hospitals in Brazil are small and predominantly public. On average, the proportion of beds allocated to the SUS is 90%, indicating that the general hospitals included in this study are mostly dedicated to the public health system. Large hospitals represent only 13% of hospital units but have a significant role in meeting inpatient care demand: they are responsible for 86% of the highest-complexity treatments and almost 50% of all SUS hospitalizations and receive a higher proportion of nonresident patients compared to smaller hospitals. Large hospitals are also intensive in human, physical, and financial resources and have an average occupancy rate (68%) close to the National Health Agency (ANS) recommendation – 75% to 85% (ANS, 2013). Small hospitals present a lower ratio of health professionals and average spending per bed and a significantly lower occupancy rate (21.86%), indicating that small hospitals have an excess of beds.

Concerning organizational structure, public and philanthropic hospitals are more intensive in human and physical resources, while private hospitals are more intensive in financial resources. Public large hospitals show higher averages for occupancy rate (73.05%), length of stay (7.30 days) and patients' distance traveled (377.04 km). Private large hospitals receive more than 50% of nonresident patients. All mean differences are statistically significant across group sizes and healthcare providers (Figure 1).

The DEA estimation pointed to average technical and scale efficiency scores of 0.59 and 0.75, respectively. A bootstrap analysis was conducted, resulting in a 0.43 average score for technical efficiency. However, the bootstrap analysis is preferable when the distribution is symmetric (Bogetoft and Otto, 2010). Instead, our efficiency score distribution was skewed; most of the hospitals are inefficient. The bootstrap method pushed the average scores down as the most efficient hospitals were not entirely included in the resampling. Therefore, we chose to advance with our study without the bootstrap estimation, which enabled us to proceed with the slack and returns to scale investigation as well.

The density curves for technical and scale scores revealed a very distinctive pattern according to hospital size (Figure 2). The small hospitals distribution is left-skewed, with a median of approximately 0.46 and a higher concentration at lower levels of technical efficiency. In contrast, large hospitals had a median of 0.75, with a peak around 1. Concerning scale efficiency, large and medium hospitals had a right-skewed distribution, while the density curve for small hospitals was approximately flat, suggesting that large

hospitals are more able to achieve economies of scale. A considerable difference in median scale efficiency scores by hospital size was also observed: 0.76 for small hospitals in contrast to 0.83 and 0.93 for medium and large hospitals.

Efficiency also varies by type of healthcare provider (Figure 2). Public hospitals showed the worst performance for both technical and scale efficiency. The comparison of the density curves for the efficiency scores revealed that these differences are pronounced mainly for technical efficiency. Private hospitals presented a left-skewed distribution with a peak around 1 and a median score of 0.69, suggesting that those are the most efficient hospitals in the country (Figure 2C). The median scale efficiency score was also higher for private hospitals (0.88). Public hospitals presented a median technical efficiency score of 0.51 and a scale efficiency score of 0.78, while philanthropic hospitals had median scores of 0.62 and 0.86, respectively. Figures 2E to 2J show the density curves disaggregated by size and type of health provider. For technical efficiency, the curves for private hospitals are right-skewed independently of hospital size, evidencing again that this group comprises the most efficient hospitals.

Figure 1. Characteristics of Brazilian general hospitals according to hospital size and healthcare provider, 2015.

	Small				Medium				Large				p	Brazil
	Public	Private	Philanthropic	Total	Public	Private	Philanthropic	Total	Public	Private	Philanthropic	Total		
Hospitals														
Number ¹	1,134	313	408	1,856	450	205	530	1,185	234	38	191	463		3504
%	32.37	8.94	11.65	52.97	12.85	5.85	15.13	33.82	6.68	1.08	5.45	13.21		100.00
Number of Efficient Hospitals*														
VRS	51	59	20	130	31	56	35	122	22	16	43	81		333
CRS	27	46	10	83	14	41	18	73	13	11	28	52		208
	Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)		Mean (sd)
Efficiency Scores														
Technical efficiency	0.48 (0.21)	0.66 (0.24)	0.49 (0.19)	0.51 (0.22)	0.60 (0.18)	0.76 (0.20)	0.67 (0.17)	0.66 (0.19)	0.67 (0.19)	0.85 (0.18)	0.81 (0.16)	0.75 (0.19)	0.0000	0.59 (0.23)
Scale efficiency	0.64 (0.28)	0.80 (0.23)	0.77 (0.22)	0.70 (0.27)	0.75 (0.25)	0.78 (0.24)	0.78 (0.21)	0.77 (0.23)	0.89 (0.15)	0.78 (0.29)	0.88 (0.15)	0.88 (0.17)	0.0000	0.75 (0.25)
Capacity Utilization														
Occupancy rate (%)	19.88 (15.41)	25.51 (19.40)	24.53 (16.67)	21.86 (16.60)	43.37 (25.77)	34.12 (19.62)	41.03 (18.43)	40.72 (21.92)	73.05 (17.46)	46.31 (26.28)	65.32 (18.33)	67.67 (20.04)	0.0000	34.29 (24.58)
Average length of stay (days)	3.16 (1.50)	3.22 (2.32)	3.52 (1.59)	3.25 (1.69)	4.79 (3.64)	3.89 (2.53)	4.07 (2.26)	4.31 (2.93)	7.30 (2.77)	6.64 (5.03)	5.07 (1.44)	6.32 (2.81)	0.00	4.02 (2.55)
Physical and Human Resources														
Beds SUS (%)	99.23 (3.68)	83.18 (13.19)	83.23 (13.56)	93.00 (11.78)	97.53 (5.06)	80.23 (14.52)	79.03 (12.75)	86.26 (14.02)	95.33 (6.35)	81.13 (15.21)	74.77 (12.55)	85.68 (14.20)	0.0000	89.75 (13.36)
Doctors/bed	0.80 (3.93)	0.59 (1.46)	0.63 (1.08)	0.73 (3.17)	1.36 (1.28)	0.76 (1.12)	0.95 (0.81)	1.07 (1.09)	3.09 (2.19)	1.46 (1.61)	2.04 (1.45)	2.53 (1.96)	0.0000	1.08 (2.56)
Nurses/bed	0.20 (0.42)	0.11 (0.13)	0.16 (0.19)	0.18 (0.34)	0.27 (0.22)	0.11 (0.15)	0.19 (0.16)	0.21 (0.20)	0.46 (0.27)	0.25 (0.26)	0.37 (0.30)	0.41 (0.29)	0.0000	0.22 (0.30)
Nursing Assistants/bed	0.73 (0.90)	0.37 (0.45)	0.56 (0.72)	0.63 (0.82)	0.96 (0.67)	0.49 (0.61)	0.83 (0.63)	0.82 (0.66)	1.40 (0.63)	0.86 (0.96)	1.50 (0.91)	1.4 (0.80)	0.0000	0.80 (0.80)
Pieces of high- and medium-complexity equipment/bed	0.54 (0.96)	0.59 (0.78)	0.72 (0.53)	0.59 (0.86)	0.90 (1.00)	0.76 (1.09)	0.99 (0.81)	0.92 (0.94)	1.82 (1.23)	1.25 (1.25)	1.92 (1.15)	1.82 (1.21)	0.0000	0.86 (1.02)
Financial Resources														
Spending per inpatient (US\$/inpatient) ²	127.16 (30.19)	175.44 (166.82)	144.21 (35.38)	139.06 (76.34)	206.20 (198.19)	299.94 (371.06)	227.39 (136.71)	231.90 (219.16)	420.18 (222.89)	623.25 (652.91)	550.67 (314.36)	490.68 (324.48)	0.0000	216.91 (215.40)
Hospitalizations														
Hospitalization per month	57.90 (52.73)	74.38 (68.06)	66.56 (50.38)	62.59 (55.45)	256.65 (173.64)	199.20 (138.18)	229.25 (138.89)	234.46 (154.13)	909.16 (533.50)	585.97 (706.35)	801.71 (526.50)	838.31 (553.02)	0.0000	223.21 (337.21)
Geographical Influence														
Nonresidents patients (%)	7.21 (12.42)	17.12 (21.54)	12.89 (16.76)	10.14 (15.78)	26.87 (36.02)	28.22 (22.93)	27.59 (32.21)	27.43 (32.35)	34.80 (24.71)	54.22 (72.39)	35.88 (19.47)	36.84 (30.18)	0.0000	19.51 (26.70)
Inpatients' distance traveled (km)	195.76 (253.97)	165.77 (192.61)	118.21 (124.53)	173.59 (223.67)	297.10 (217.79)	217.94 (173.57)	182.21 (131.90)	232.02 (183.60)	377.04 (228.69)	260.63 (119.34)	309.64 (170.80)	339.68 (202.75)	0.0000	215.29 (215.33)

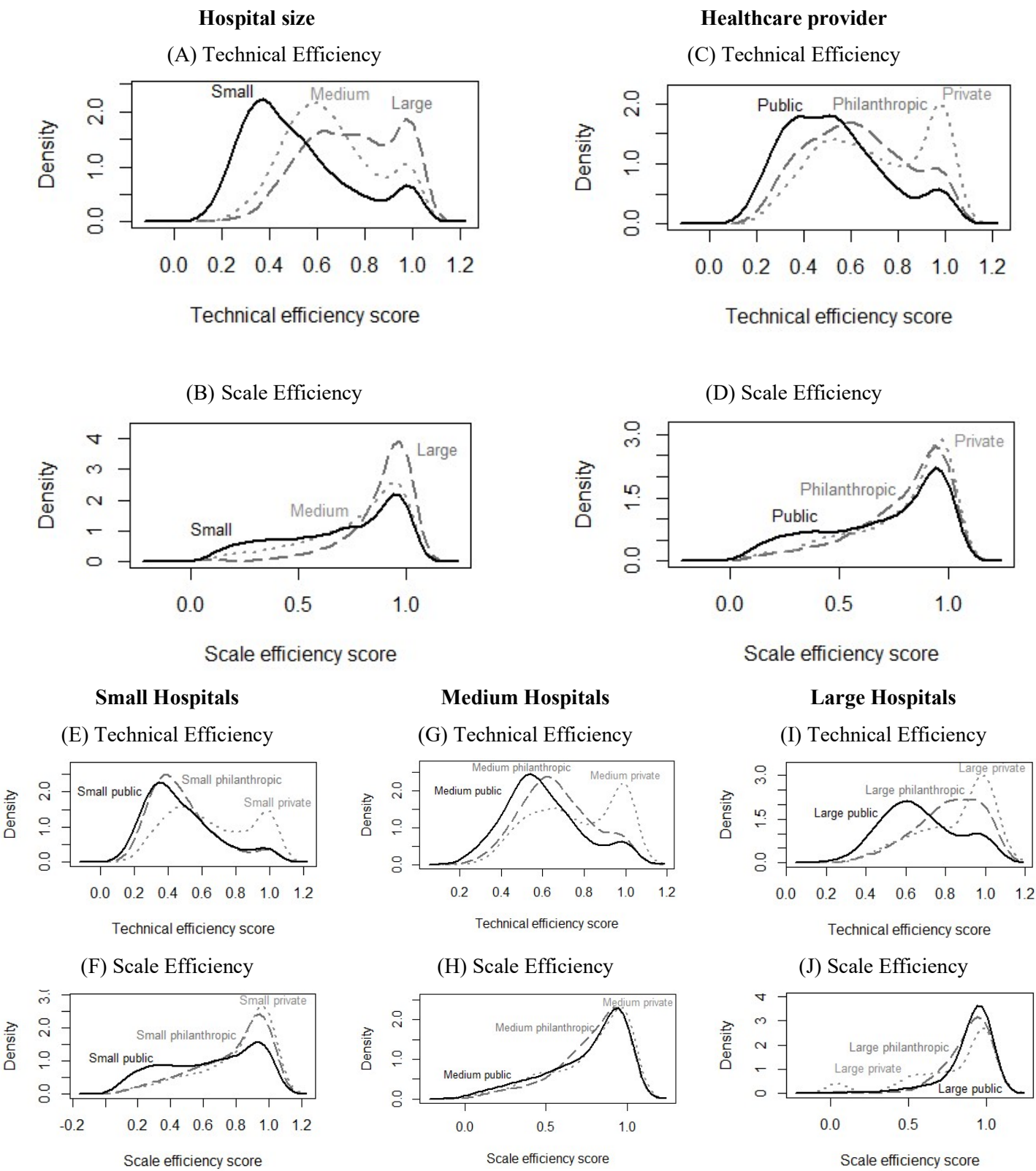
Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde, 2015b).

¹ As long as only one small hospital is classified as a syndicate, it is analyzed as an isolated case and not detailed in the table.

* VRS = variable returns to scale model assumption; CRS = constant returns to scale model assumption.

² Mean exchange rate of 2015 according to Brazilian Central Bank (Banco Central do Brasil, 2015).

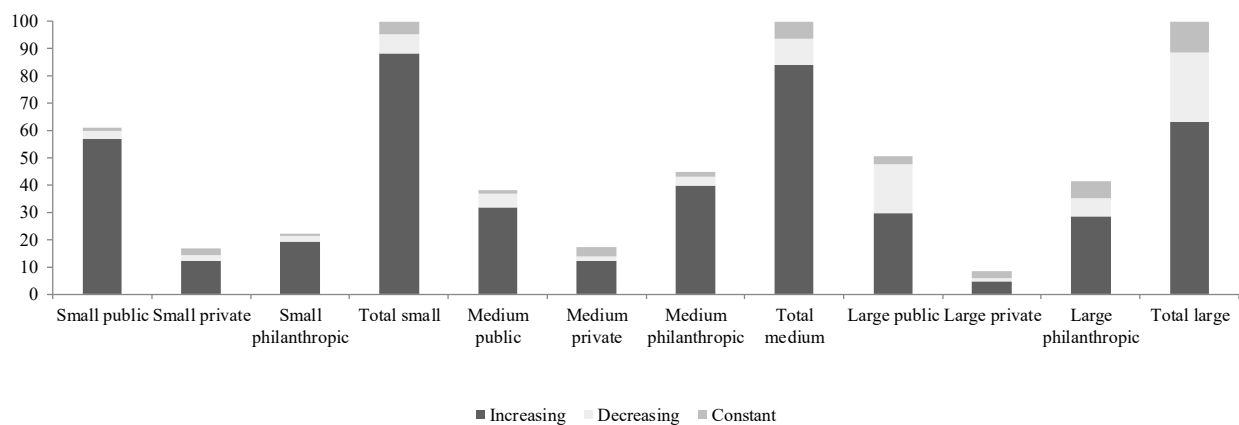
Figure 2. Density curves for technical and scale efficiency scores by size and type of healthcare provider, Brazilian general hospitals, 2015.



Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde, 2015b).

Regardless of size and healthcare provider, most hospitals in Brazil have increasing returns to scale (87%), suggesting that the majority of Brazilian hospitals were operating below the optimal scale size (Figure 3). This percentage decreases monotonically with hospital size, underlining that some large hospitals, such as most large public hospitals, have already achieved scale efficiency.

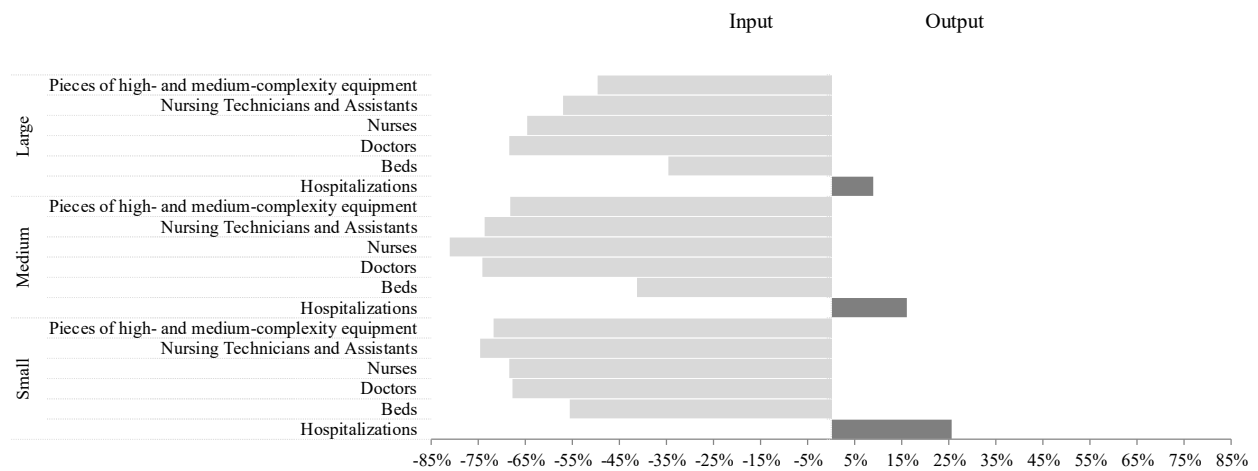
Figure 3. Distribution of returns to scale according to hospital size and healthcare provider, Brazil, 2015.



Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde, 2015b).

The slack analysis showed potential savings of beds and human and technological resources as well as output expansion opportunities according to hospital size (Figure 4). This analysis revealed that there is room to reduce beds, human resources and amounts of equipment, regardless of hospital size. Differences in output expansion by size reinforce the presence of available beds in small Brazilian hospitals. To achieve efficiency, small hospitals should increase hospitalizations by 26% on average, followed by 16% among medium hospitals and 9% among large hospitals. This increase corresponds to 16, 38, and 74 more hospitalizations per month for small, medium, and large hospitals, respectively.

Figure 4. Potential savings of inputs and expansion of outputs, average statistics (%) according to hospital size, 2015.



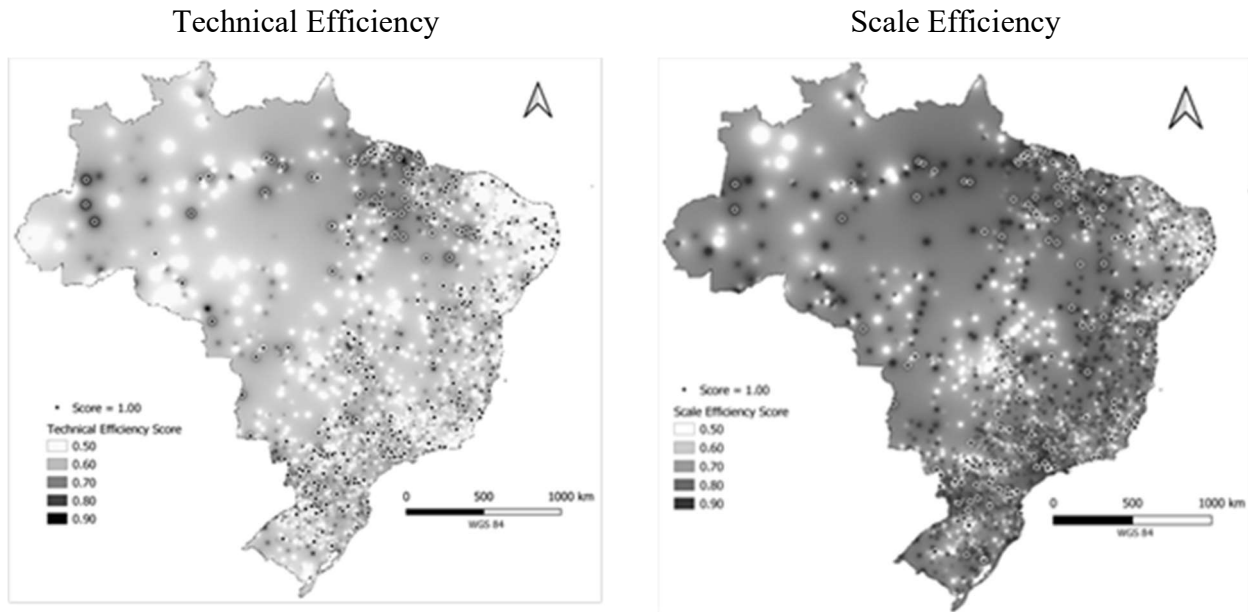
Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde, 2015b).

3.2 SPATIAL PATTERN ASSESSMENT

The spatial analysis shows that technical and scale efficiencies are heterogeneously distributed throughout the country, with hot spots of efficiency (Figure 5). Areas in light gray represent the hospital neighborhoods with the lowest scores, while the darkest black ones correspond to scores above the Brazilian average. The totally efficient hospitals (scores equal to 1), in terms of both scale and technical efficiency, are displayed as black dots.

Technical and scale inefficiency are widespread across the country, reflecting the presence of small hospitals in a greater number of localities. The concentration of technical and scale inefficiency is mainly observed in less developed regions, including Amazonas State and the Northeast and Midwest regions.

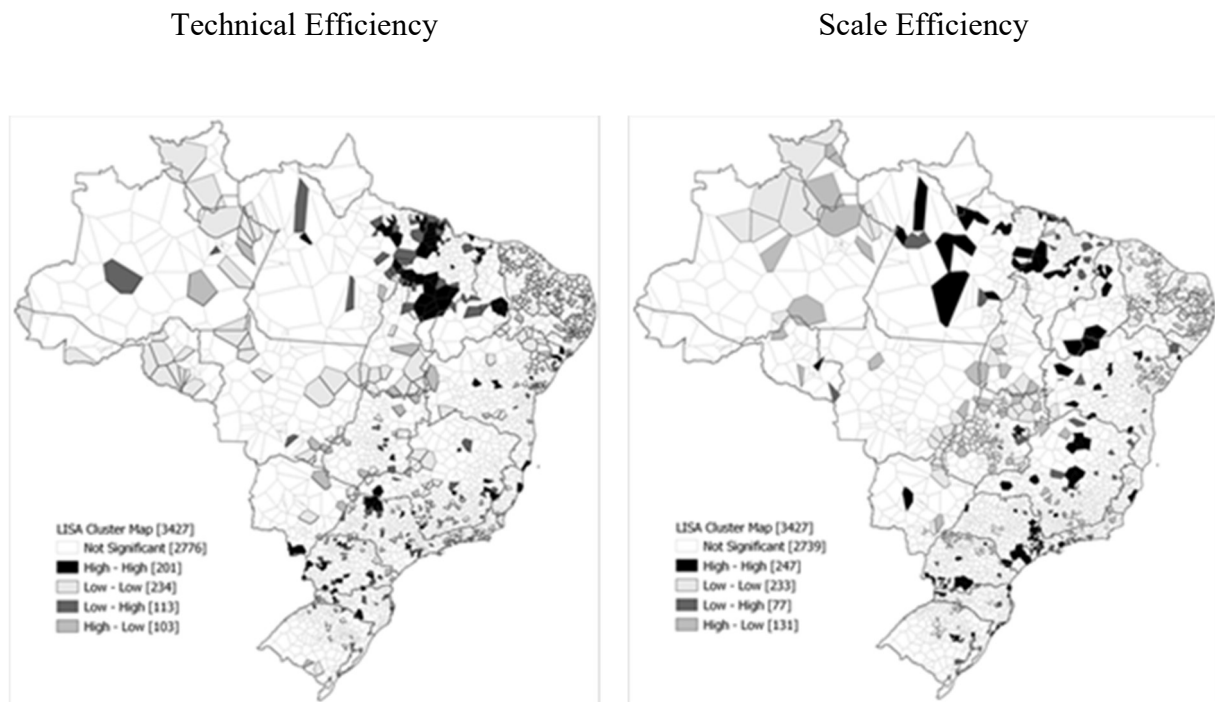
Figure 5. Map of Brazilian general hospitals' technical and scale efficiency, 2015.



Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde, 2015b); Brazilian Political State Boundaries (IBGE, 2015).

Globally, efficiency scores show low levels of spatial correlation: the global Moran indexes for technical and scale efficiency are 0.126 and 0.152, respectively. Both are pseudostatistically significant at 0.001. Local efficiency scores also suggest a few pockets of significant spatial hospital inefficiency autocorrelation (Figure 6). Negative spatial autocorrelation is scarce, and different patterns are observed for positive autocorrelation. Even though inefficiency is widespread in almost all Brazilian states, clusters of technical and scale inefficiency (low-low in light gray) are found mainly in Amazonas State and the Midwest region. On the other hand, some clusters of technical efficiency are observed, in particular for the Southeast region and the southern parts of Pará and Maranhão (Figure 6).

Figure 6. LISA cluster analysis of technical and scale inefficiencies, 2015.



Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde, 2015b).

Note: * LISA clusters significance level of 0.05.

4 DISCUSSION

This is the first study to evaluate hospital efficiency while taking into account all Brazilian general hospitals. We found two main results. First, inpatient care is provided with a high level of inefficiency. Second, this inefficiency is not a regional phenomenon and is distributed across all Brazilian states.

Since the SUS was created, the Brazilian health system has experienced several changes, improvements and challenges: for instance, an imbalance between income and expenses, a lack of human resources specialized in hospital management, and increasing costs as a function of technological, demographic and epidemiological changes (Castro, 2006). There is a lack of studies concerning hospital efficiency for Brazil as a whole. The literature concerning access to and utilization of hospitalization is scarce compared to research on outpatient services (Castro, 2006). La Forgia and Couttolenc (2008) found an average technical efficiency score of 0.34 for Brazilian hospitals in 2002.

This very low average score casts doubt on the validity of their findings. Our paper shows that Brazilian hospital efficiency (0.59) is below the average OECD score, which ranges from 0.77 to 0.82 (Varabyova and Schreyögg, 2013). Hospital inefficiency arises mainly from barriers to achieving scale and implementing management best practices. A large number of hospitals are local, public, and small as a likely consequence of the decentralization principle of the Unified Health System. Even though decentralization can better match local needs, it sometimes fails to achieve scale and technical efficiency requirements (Capps et al, 2010; Herr et al., 2011; Avdic, 2016; Schmitt, 2017), implying a scenario where persistent inefficiency is likely to be observed (Colombi et al., 2017). Local governments are responsible for the provision of access to all healthcare services, either directly or by contracting inpatient care from other municipalities. The mayors' decisions depend on political incentives, which are not always aligned with principles of economic efficiency or with the local population's wellbeing in the long run (Herr et al., 2011). The autonomy to control the opening of new local hospitals translates into powerful political capital for local governments (Ferraz and Finan, 2005; La Forgia et al., 2009; Mello and Lago-Peñas, 2013). By neglecting the presence of externalities and scale and scope economies, mayors create barriers to the development of a healthcare services network. The size of the Brazilian territory is another aspect to consider when assessing hospital efficiency. Brazil is a continental country with a large number of small municipalities with low levels of population density. The combination of political incentives with the particular geographical setting of the country results in an excessive number of small hospitals with low levels of effective healthcare provision throughout the territory (Rodrigues et al., 2016).

The federal government has already made some effort to counterbalance SUS decentralization by trying to organize healthcare supply into micro and macro health regions (Malachias et al., 2011). These initiatives failed to organize healthcare delivery in a hierarchical and integrated network, mainly because of financing constraints (O' Dwyer et al., 2013). The Federal government is allowed to transfer money only to states or municipalities, which discourages local authorities from building healthcare networks by region or even by consortia. Decentralization, therefore, is still a challenge to the achievement of efficient provision of inpatient care within the Unified Health System.

Brazilian hospital performance also varies according to the type of healthcare provider. Private hospitals showed the highest technical efficiency scores, while public hospitals showed the lowest. These findings are in tandem with La Forgia et al. (2009), who found that public hospitals administered by Health Social Organizations, called OSSs, were the most efficient group, followed by for-profit

hospitals. OSSs are characterized by having an autonomous administrative arrangement, suggesting that higher autonomy can lead to better hospital management. Management autonomy is common among private hospitals, which are free to introduce payment based on performance, thus favoring efficiency (La Forgia et al., 2009, Werner et al., 2011; Miller and Babiarz, 2013). In addition, private hospitals do not have to account for local political interests and constraints and can make decisions more rapidly and develop network configurations with other hospitals, thus exploiting economies of scale, knowledge exchange or centralization of input purchases (Herr et al., 2011; Czypionka et al., 2014). Therefore, cooperation across hospitals seems to have greater effects on hospital quality and efficiency than local policy intervention (Longo et al., 2017). Large public hospitals play an important social role. These hospitals, despite presenting lower levels of technical efficiency than private and philanthropic hospitals, have an important role in providing high-complexity services, receiving a large proportion of SUS patients from other municipalities and dedicated mainly to the most socioeconomically vulnerable population (Silva et al., 2014). Thus, these reasons, associated with specific medical choices, such as waiting for complementary tests, results of tests performed, or medical decisions regarding treatment, might be among the obstacles causing delay to hospital discharge in large public hospitals (Silva et al., 2014). These discharge delays and the consequent high occupancy rates are especially frequent for nonresidents, who usually travel long distances and have difficulties in finding a place to stay. In these situations, doctors avoid authorizing hospital discharges.

This paper is a step forward in the assessment of hospital performance in Brazil. In contrast to many previous studies that focused on restricted samples (Marinho, 2001; Marinho, 2003; Gonçalves et al., 2007; Cesconetto et al., 2008; La Forgia, 2009; Souza et al., 2010; Lins et al., 2007; Araújo et al., 2014; Souza et al., 2016; Lobo et al., 2016) or a particular hospital size (Rodrigues et al., 2016), our analysis encompasses all general hospitals in the country. The only exception that provides a nationwide estimate of efficiency in healthcare expenditure is the study conducted by the World Bank (World Bank, 2018). The study measures inefficiency at the municipal level for health units offering medium- and high-complexity procedures, which makes the analysis not directly comparable with ours. Both studies, however, found an overall level of inefficiency, implying that there is room for optimization. Although the report suggests a reallocation of financial resources to primary healthcare, we contend that other forms of reallocation may be equally efficient and meet equity concerns (Capps et al, 2010; Avdic, 2016; Schmitt, 2017). Inequalities in access and the matching of demand and supply must thus be carefully considered in any attempt to reorganize the hospital system in Brazil.

This study presents some limitations. First, variables from the CNES only account for the quantitative dimension of healthcare. Measures of the quality of care, such as the level of technology used and the quality of services provided by health professionals – including their expertise – are all key aspects of healthcare supply but are not available in the data used in this study. Second, data regarding expenses do not consider outpatient care and complementary public financial transfers to hospitals, limiting analysis using this variable. Thus, the expense variable was not used in our DEA model. Third, health professionals, despite being mostly dedicated to inpatient care, can sometimes perform outpatient care, but the information available does not allow us to make this identification precisely. Fourth, despite the recognized reliability of the CNES (Rocha et al., 2018), the database has not been systematically audited. As a consequence, contemporary changes in the structure of healthcare provision may be underreported. Fifth, the analysis of efficiency for hospitals detailed by OSSs was not possible using CNES data. The administrative records provide no reliable identification of OSS units for two reasons: this type of organization is relatively new in Brazil, and contracts are constantly renewed, making it difficult for the administrative records to track these updates. Since some studies found that OSSs were the most efficient healthcare units (La Forgia et al., 2009) and given the increasingly favorable environment towards public-private partnerships, future studies should pay more attention to the performance of this type of initiative. Despite these limitations, the results are timely, measured at the most appropriate unit of analysis, and based on a method that is widely used in the efficiency literature.

REFERENCES

1. Anselin L. (2016). Local Spatial Autocorrelation Clusters. The Center for Spatial Data Science. The University of Chicago. https://spatial.uchicago.edu/sites/spacial-data.uchicago.edu/files/6a_local_SA_r.pdf, accessed 15 February 2019.
2. ANS. (2013). Ministério da Saúde. Brasil: National Agency of Supplementary Health (ANS). Essential Hospital Indicators Datasheets. http://www.ans.gov.br/texto_lei_pdf.php?id=1575, accessed May 2018.
3. Araújo C., Barros CP, Wanke P. (2014). Efficiency determinants and capacity issues in Brazilian for-profit hospitals. *Health Care Management Science*, 17(2), 126-138.

4. Avdic D. (2016). Improving efficiency or impairing access? Health care consolidation and quality of care: Evidence from emergency hospital closures in Sweden. *Journal of Health Economics*, 48, 44-60.
5. Banco Central do Brasil. (2015). Exchange rate - R\$/US\$. Brasília. <https://www3.bcb.gov.br/expectativas/publico/en/serieestatisticas>, accessed January 2018.
6. Bogetoft P, Otto L. (2010). *Benchmarking with DEA, SFA, and R* (Vol. 157). Springer Science & Business Media.
7. Botega LA, Andrade MV, Guedes GR. 2020. Perfil dos Hospitais do Sistema Único de Saúde. *Revista de Saúde Pública*.
8. Capps C, Dranove D, Lindrooth RC. (2010). Hospital closure and economic efficiency. *Journal of Health Economics*, 29(1), 87-109.
9. Castro MSMD. 2006. Desigualdades sociais no uso de internações hospitalares no Brasil: o que mudou entre 1998 e 2003. *Ciência & Saúde Coletiva*, 11, 987-998.
10. Cesconetto A, Lapa JDS, Calvo MCM. (2008). Avaliação da eficiência produtiva de hospitais do SUS de Santa Catarina, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 24, 2407-2417.
11. Chen A, Hwang Y, Shao B. (2005). Measurement and sources of overall and input inefficiencies: Evidences and implications in hospital services. *European Journal of Operational Research*, 161(2), 447-468.
12. Collins C, Araujo J, Barbosa J. (2000). Decentralising the health sector: issues in Brazil. *Health Policy*, 52(2), 113-127.
13. Colombi R, Martini G, Vittadini G. (2017). Determinants of transient and persistent hospital efficiency: The case of Italy. *Health Economics*, 26, 5-22.
14. Cooper WW, Seiford LM, Zhu J. (2004). Data envelopment analysis. In *Handbook on data envelopment analysis* (pp. 1-39). Springer, Boston, MA.
15. Cooper WW, Seiford LM, Tone K et al. (2007). Some models and measures for evaluating performances with DEA: past accomplishments and future prospects. *Journal of Productivity Analysis*, 28(3), 151-163.
16. Czypionka, T, Kraus M, Mayer S, Röhring G. (2014). Efficiency, ownership, and financing of hospitals: the case of Austria. *Health Care Management Science*, 17(4), 331-347.

17. Ferraz C and Finan F. (2005). Reelection Incentives and Political Corruption: Evidence from Brazil's municipal audit reports. University of California, Berkeley.
18. Ferreira DC, and Marques RC. 2016. Should inpatients be adjusted by their complexity and severity for efficiency assessment? Evidence from Portugal. *Health care management science*, 19(1), 43-57:
19. Ferreira DC, Nunes AM and Marques RC. 2018. Doctors, nurses, and the optimal scale size in the Portuguese public hospitals. *Health Policy*, 122(10), 1093-1100.
20. Gonçalves AC, Noronha CP, Lins MP et al. (2007). Análise Envoltória de Dados na avaliação de hospitais públicos nas capitais brasileiras. *Revista de Saúde Pública*, 41, 427-435.
21. Gragnolati M, Lindelow M, Couttolenc B. (2013). Twenty years of health system reform in Brazil: an assessment of the Sistema Único de Saúde. The World Bank.
22. Herr A, Schmitz H, Augurzky B. (2011). Profit efficiency and ownership of German hospitals. *Health Economics*, 20(6), 660-674.
23. IBGE. (2015). Bases Cartográficas. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>, accessed March 2019.
24. La Forgia GM, Couttolenc BF. Hospital performance in Brazil: the search for excellence (English). Washington, DC: World Bank. 2008. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/815061468015870054/Hospital-performance-in-Brazil-the-search-for-excellence>
25. Lins ME, Lobo MSDC, Silva ACMD et al. (2007). O uso da Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliação de hospitais universitários brasileiros. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12, 985-998.
26. Lins MPE, Netto SOA, Lobo MCS. (2019). Multimethodology applied to the evaluation of Healthcare in Brazilian municipalities. *Health Care Management Science*, 22(2), 197-214.
27. Lobo MSC, Rodrigues, HC, André ECG et al. (2016). Análise envoltória de dados dinâmica em redes na avaliação de hospitais universitários. *Revista de Saúde Pública*, 50, 22-22.
28. Longo F, Siciliani L, Gravelle H et al. (2017). Do hospitals respond to rivals' quality and efficiency? A spatial panel econometric analysis. *Health Economics*, 26, 38-62.

29. Lu GY, Wong DW. (2008). An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. *Computers & Geosciences*. 34(9), 1044-1055.
30. Malachias I, Leles FAG, Pinto MAS et al. (2011). Plano Diretor de Regionalização da Saúde de Minas Gerais (PDR-MG). Belo Horizonte.
31. Marinho A. (2001). Estudo de eficiência em alguns hospitais públicos e privados com a geração de rankings. Texto para Discussão, (794). Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada.
32. Marinho A. (2003). Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Economia*, 57(3), 515-534.
33. Mello L, Lago-Peñas S. (2013). Local government cooperation for joint provision: the experiences of Brazil and Spain with inter-municipal consortia. The challenge of local government size. theoretical perspectives, international experience, and policy reform. Edward Elgar, Cheltenham, 221-241.
34. Miller G and Babiarz KS. (2013). Pay-for-performance incentives in low-and middle-income country health programs (No. w18932). National Bureau of Economic Research.
35. Ministério da Saúde. (2015a). Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, DATASUS. <http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude/servicos2/transferencia-de-arquivos>, accessed 30 August 2018.
36. Ministério da Saúde. (2015b). Sistema de Informações Hospitalares. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, DATASUS. <http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude/servicos2/transferencia-de-arquivos>, accessed 30 August 2018.
37. Ministério da Saúde. (2017). Contas do SUS na Perspectiva da Contabilidade Internacional – Brasil, 2010-2014.
38. Mosca I. (2007). Decentralization as a determinant of health care expenditure: empirical analysis for OECD countries. *Applied Economics Letters*, 14(7), 511-515.
39. O'Dwyer G, Konder MT, Machado CV et al. (2013). The current scenario of emergency care policies in Brazil. *BMC Health Services Research*, 13(1), 70.
40. OECD. (2015). Health at a Glance 2011. OECD Indicators, OECD Publishing, Paris. DOI: https://doi.org/10.1787/health_glance-2015-en, accessed February, 15, 2016.

41. Pires MBN, Oliveira R, Alcantara CCV, Abbas K. 2017. A Relação entre a Remuneração do Sistema Único de Saúde, os Custos dos Procedimentos Hospitalares e o Resultado: Estudo nas Santas Casas de Misericórdia do Estado de São Paulo. *RAHIS*, 14(3).
42. Ramalho EA, Ramalho JJ, Henriques PD. 2010. Fractional regression models for second stage DEA efficiency analyses. *Journal of Productivity Analysis*, 34(3), 239-255.
43. Rocha, TAH, Silva NCD, Barbosa, ACQ et al. (2018). National Registry of Health Facilities: data reliability evidence. *Ciencia & Saúde Coletiva*, 23(1), 229-240.
44. Rodrigues JM, Torres HOG, Barbosa ACQ et al. (2016). Gestão de Recursos Humanos e desempenho hospitalar na perspectiva da eficiência: um estudo em hospitais brasileiros de pequeno porte. Universidade Federal de Minas Gerais.
45. Schmitt M. (2017). Do hospital mergers reduce costs? *Journal of Health Economics*, 52, 74-94.
46. Sherman HD. (1984). Hospital efficiency measurement and evaluation: empirical test of a new technique. *Medical Care*, 922-938.
47. Sherman HD, Zhu J. (2006). Service productivity management: improving service performance using Data Envelopment Analysis (DEA). Springer Science & Business Media.
48. Souza IV, Nishijima M, Rocha F. 2010. Eficiência do setor hospitalar nos municípios paulistas. *Economia Aplicada*, 14(1), 51-66.
49. Silva SAD, Valácio RA, Botelho FC, and Amaral CFS. 2014. Reasons for discharge delays in teaching hospitals. *Revista de saude publica*, 48(2), 314-321.
50. Souza PCD, Scatena, JHG, Kehrig RT. (2016). Aplicação da Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência de hospitais do SUS em Mato Grosso. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 26, 289-308.
51. Varabyova Y, Schreyögg J. (2013). International comparisons of the technical efficiency of the hospital sector: panel data analysis of OECD countries using parametric and non-parametric approaches. *Health Policy*, 112(1-2), 70-79.
52. World Bank. (2018). Propostas de Reformas do Sistema Único de Saúde Brasileiro – Uma nota de política econômica, working paper. Brasília:World Bank.
53. Werner RM, Kolstad JT, Stuart EA et al. (2011). The effect of pay-for-performance in hospitals: lessons for quality improvement. *Health Affairs*, 30(4), 690-698.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

SECOND -STAGE DEA EFFICIENCY ANALYSES

We proceeded to a second stage of the DEA to evaluate the influence of environmental variables on hospital efficiency. The second-stage DEA efficiency analysis was conducted through a fractional regression model, which is considered the most satisfactory way of modeling bounded or proportional dependent variables such as DEA efficiency scores – which range from zero to one (Ramalho et al, 2010). Thus, the fractional logit model was estimated to relate DEA efficiency scores to external variables such as beds and doctors per thousand inhabitants, the population density of the hospital municipality, and the Municipal Human Development Index (MHDI).

The beds and doctors per thousand inhabitants variables represent a measure of the supply of SUS services in the municipality. The population density of hospital locality indicates whether the hospital is located in a large center or not. The MHDI summarizes the following three dimensions of human development: longevity (life expectancy at birth), education (18 years old and over with primary education completed, the population of young people attending school), and income (monthly income per capita) (Human Development Atlas in Brazil, 2013).

Figure A1 shows the results of the fractional logit model in terms of the marginal effects of each independent variable on technical efficiency. The bed density and MHDI variables are significant at a level of 5%. A 1% increase in number of beds decreases the technical efficiency score by 0.0286. Alternatively, a 1% increase in MHDI increases the technical efficiency score by 0.2407.

Figure A1. Results of the fractional logit model in terms of the marginal effects of each independent variable on technical efficiency

Technical Efficiency Score	dy/ex	Delta-method Standard Error	z	P > z	[95% Confidence Interval]	
Beds per thousand inhabitants	-0.0286	0.0061	-4.6800	0.0000	-0.0405	-0.0166
Doctors per thousand inhabitants	-0.0065	0.0039	-1.6800	0.0920	-0.0142	0.0011
Population density	0.0021	0.0014	1.5200	0.1280	-0.0006	0.0049
MHDI	0.2407	0.0388	6.2000	0.0000	0.1646	0.3168

Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde, 2015b), Population Census and IDHM, 2010 (Human Development Atlas in Brazil, 2013a; Human Development Atlas in Brazil, 2013b).

In conclusion, the results suggest that municipalities with higher levels of human development are the ones with positive influences on technical efficiency. However, higher numbers of beds per thousand inhabitants might cause lower levels of efficiency; the beds might become underused, leading to low levels of occupancy and, therefore, production.

REFERENCES

1. Human Development Atlas in Brazil. (2013a). Brazilian Demographic Census of 2010. <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/en/consulta/>, accessed November 2018.
2. Human Development Atlas in Brazil. (2013b). Municipal Human Development Index (MHDI) of 2010. <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/en/consulta/>, accessed November 2018.
3. IBGE. 2010. Municipalities Areas. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=downloads>, accessed November 2018.
4. Ministério da Saúde. (2015a). Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, DATASUS. <http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude/servicos2/transferencia-de-arquivos>, accessed 30 August 2018.
5. Ministério da Saúde. (2015b). Sistema de Informações Hospitalares. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, DATASUS. <http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude/servicos2/transferencia-de-arquivos>, accessed 30 August 2018.
6. Ramalho EA, Ramalho JJ, Henriques PD. (2010). Fractional regression models for second stage DEA efficiency analyses. *Journal of Productivity Analysis*, 34(3), 239-255.

ENSAIO 3

EFFICIENCY AND EQUITY TRADE-OFF AMONG GENERAL HOSPITALS OF THE UNIFIED HEALTH SYSTEM

ABSTRACT

Hospital spending comprises the major component of health expenses in almost all countries, including Brazil, as hospital operation involves a complex interaction of population needs and hospital provision. The steady increase in public deficits in Brazil however has forced the federal government implement strict fiscal measures in all economic sectors, including the health sector. Given the central role played by the Unified Health System (SUS) and the high levels of regional heterogeneity in healthcare services, this study examines alternatives for a hospital resources optimization in the Brazilian context. We draw on data from the Hospital Information System of Unified Health System (SIH/SUS) and the National Registry of Health Facilities (CNES) to estimate hospitals' efficiency scores using data envelopment analysis (DEA). Least efficient hospitals were selected as potential closing units, conditioned on the optimization criterion of minimizing the distance to the nearest efficient hospital. Our results show that there is room for hospital resource optimization in Brazil without compromising equity in access, especially in the Northeast region (especially for the states of Pernambuco – PE and Paraíba – PB) followed by the South and Southeast regions.

Keywords: Hospital services, efficiency, performance, equity, optimization, healthcare access, hospital restructuring

LIST OF ILUSTRATIONS

Figure 1 - Hospital Indicators according to the optimization analysis:
closing, receiving and unchanging hospitals 57

Figure 2 - Hospitals’ Municipality characteristics:
closing, receiving and unchanging hospitals 58

Figure 3 - Distance traveled higher than 70 km, according to the Brazilian States 59

Figure 4 - Closing Hospitals’ location when the average distance traveled
was equal or below 70 km, by the Brazilian States 60

Figure 5 - Patients' current flow and after optimization for medium
complexity treatments, by the Brazilian States 61

SUMMARY

1 INTRODUCTION 51

2 METHODS 53

2.1 DATA 53

2.3 ANALYSIS 54

3 RESULTS 56

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS 62

5 REFERENCES 64

1 INTRODUCTION

Countries can improve their economic and social welfare by promoting an efficient and equitable health system. Equity in health access is crucial for population well-being, with implications on their social lives and work productivity (Embrett and Randall, 2014; Sandiford et al., 2018). Besides, efficiency in the healthcare sector generates social benefits by increasing resource savings (Deily et al., 2000; Sandiford et al., 2018; Sun et al., 2019). In countries where the public provision of care plays an important role, a steady increase in medical costs and public deficits make pressure for structural changes (Avdic, 2016). In Brazil, where the Unified Health System (SUS) is the major provider of hospital services (La Forgia et al., 2009), the federal government has recently implemented strict measures as a fiscal policy response to the increase in public deficits. Although around 90% of the general hospital beds are allocated to SUS patients, inequities in access to hospital services persist across Brazil. The combination of a hospital sector largely driven by public provision, increasing hospital expenditure, pressing public deficits and inequality in access highlight the importance of effective hospital resources management to face supply and demand disparities. Optimization of financial resources in the hospital sector would allow technology improvement, staff training, and the promotion of other health sectors. Ultimately, better management practices could be a further source to fight remaining inequities in health.

Based on the universalization principle and aiming for the promotion of comprehensive healthcare, the Brazilian Unified Health System (SUS) was created on the basis of a decentralized and hierarchical organization. The system financed services depends not only on the inability to pay for a private provider but also on aspects such as access to healthcare services (La Forgia et al., 2009; Rocha et al., 2017). The management, financing, and provision of SUS health services are a result of federal, state and municipal interaction, with municipalities being responsible for the actual provision of healthcare services to all its citizens. The decentralized model is argued to facilitate the understanding of local needs, improving the quality and access of care (Uga and Lopez, 2007). Brazil however is a large country with a population unevenly distributed. Moreover, the country has many municipalities that lack enough scale (45.37% of them have less than 10,000 inhabitants) and technical capacity to maintain sophisticated healthcare infrastructure, such as hospitals (Gragnolati et al., 2013, Rocha et al., 2017).

Hospital operations employ a variety of health and non-health services intensive in technology. Their production function is represented by a complex combination of inputs to provide the appropriate

medical care for inpatients. Large hospitals have more sophisticated technology and trained human resources, usually perform services of higher quality and complexity, and are mostly located in large metropolitan centers. They also generally face insufficient supply of medical services because of treatment characteristics or patients' preferences for these hospitals (Schuurman et al., 2006; Chi et al., 2008; Sun et al., 2019). Small hospitals instead tend to be located in smaller regional centers and remote rural areas and generally present low levels of medical resources utilization, as they mainly provide services of lower complexity (Chi et al., 2008; Rocha et al., 2017; Sun et al., 2019). They are also key in supplying care when the patient's health condition is time-critical and travel time may determine the health outcome (Chi et al., 2008; Rocha et al., 2017; Sun et al., 2019). For the population in rural and underserved areas, distance is a central factor in choosing a hospital (Chi et al., 2008; Rocha et al., 2017). Therefore, hospital organization should rely on equitable principles of efficiency. The trade-off between equity and efficiency is not always observed. Sandiford et al. (2018), for instance, found that improvements in productivity and allocative efficiency in New Zealand appeared to be important in reducing inequities by life expectancy gains.

Many studies have analyzed efficiency in Brazil (Marinho, 2001; Marinho, 2003; Lins et al., 2007; Cesconetto et al., 2008; La Forgia and Couttolenc, 2008; Souza et al., 2010; Souza et al., 2016; Rodrigues et al., 2016). However, they focused on limited groups of hospitals. Regardless of the level of aggregation, these studies found that the majority of hospitals in Brazil are inefficient (Marinho, 2003; Gonçalves et al., 2007; La Forgia et al., 2009; Lobo et al., 2016; Rodrigues et al., 2016). Inefficiency is particularly common among small hospitals. Rodrigues et al. (2016) showed that 53.13% of small hospitals in Brazil were operating inefficiently in 2014. Two recent studies analyzed Brazilian health efficiency at the municipal level, posing limits to their ability to make conclusions at the hospital level (World Bank, 2018; Lins et al., 2019).

Due to the continental size of Brazil and its high levels of socioeconomic inequality, many studies asked if these heterogeneities were replicated in the Brazilian health system and what were the main drivers contributing to health inequities (Macinko and Lima-Costa, 2012; França et al., 2016; Lopes et al., 2019; Barbosa and Cookson, 2019). Barbosa and Cookson (2019), for example, found that health insurance coverage and urban location were the largest contributors to equity disparities in Brazil: individuals with insurance coverage are more likely to visit a doctor than those who do not have an insurance, regardless of their income and education status; living in urban centers can offset poverty, indicating better supply of health services in these areas. These studies, however, do not ask how to

improve efficiency in healthcare provision without further increasing inequities in health. There are actually very few studies addressing these questions, but their analyses are were focused on specific topics, such as hemodialysis equipment (Amaral, 2013), and representative of a specific city or state (Fo and Mota, 2012; Steiner et al., 2015).

For other countries there is a much larger research body dedicated to hospital healthcare services optimization. The majority of these studies however focus on a specific hospital process (Granja et al, 2014; Cochran and Roche, 2009; Green and Armand, 2010), on patient referral (Chi et al, 2008; Chen et al., 2016; Chen and Lin, 2017), on hospital networks (Barlett et al., 2002; Scutchfield et al., 2011; Landman et al, 2013, Pollard et al., 2014; Sun et al., 2019), or on the impact of distance on healthcare accessibility and utilization (Lin et al., 2002; Watson et al., 2005; Schuurman et al., 2006; Burkey et al., 2017; Perucca et al., 2018). There are also some studies that discuss the interaction of efficiency, hospital closure and quality of care (Deily et al., 2000; Lindrooth et al., 2003; Ciliberto and Lindrooth, 2007; Capps et al., 2010; Avdic, 2016).

To the extent of our knowledge, no study analyzed the whole Brazilian hospital system, neither considered hospital efficiency score estimation as a joint effort to understand the improvement of the healthcare services while reducing or at least avoiding increase in health inequity. In this paper we look at alternatives for hospital closure considering efficiency and equity aspects in the optimization analysis. The optimization criterion used is the minimization of patients' average travel distance considering hospitals healthcare service capacity and levels of efficiency.

2 METHODS

2.1 DATA

This paper draws on data from two main sources: the National Registry of Health Facilities (CNES) (Ministério da Saúde, 2015a) and the Hospital Information System of the Unified Health System (SIH/SUS) (Ministério da Saúde, 2015b). CNES is a national registry of mandatory completion that gathers monthly information of all health facilities, such as installed capacity and human resources. The SIH/SUS is an administrative database that contains information concerning all hospitalizations financed by SUS. It has information about patients and medical procedures' characteristics. We

considered all hospitalizations registered during the year of 2015 but excluded long-term hospitalizations, which represented less than 2.5% of total SUS inpatient healthcare of 2015 and refers mainly to specific health treatments, such as psychiatric, tuberculosis. Since CNES information is updated monthly, we chose July as our temporal reference (mid-year) as hospital infrastructure does not vary substantially throughout the year. To merge these databases, we used the CNES code.

We conducted the analysis considering all Brazilian general hospitals that had at least 50% of beds allocated to SUS and that had more than 50 hospitalizations throughout the year. We further excluded three hospitals that had no physician registered. Our final analytical sample corresponds to 3,504 general hospitals that provided hospital medical care to SUS patients.

2.2 ANALYSIS

In our study, we measure equity in terms of patients' average travel distance: shorter distances indicate better access to SUS patients. Some studies consider the Euclidian distance (Schuurman et al., 2006; Rocha et al., 2017), despite not being the most appropriate measure of accessibility to healthcare services because it does not consider the topography and population settlement patterns of the route and the adverse weather conditions in some places/seasons. These studies usually adopt the following minimum distances as reference for accessibility: emergency services (50km or 1 hour); acute inpatient services (100 km or 2 hours); specialty services (250km or 4 hours) (Schuurman et al., 2006). In our study, we considered the shortest multi-modal distance, which provides a more realistic approach, since it considers the complete route traveled by patients and all the means of transportation – road, river, and air (Carvalho et al., 2016). We considered that equity principle would be followed if patients needed to travel up to 70km to receive hospital care.

Based on hospital efficiency scores estimated using Data Envelopment Analysis (Botega, Andrade and Guedes, 2020b), the optimization analysis was performed according to the following steps. **First**, we identified the hospitals with technical and scale efficiency below 0.60, which corresponded to 18.41% of all general hospitals studied (in numbers, 645 out of 3,504 hospitals). **Second**, from these inefficient hospitals we identified the ones that were small (all of them had occupancy rates below 70%) and defined them as closing targets (in numbers, 497). The inefficient medium and large hospitals were not considered as potential hospitals to be closed because they usually play an important

role as healthcare providers. Thus, these hospitals were also considered as potential patient receivers. **Third**, we identified the efficient hospitals with an occupancy rate below 70% and consider these hospitals as potential receivers of additional patients (in numbers, 2,603 hospitals were defined as receivers). **Fourth**, hospital capacity was considered as the days of beds available in each hospital. **Fifth**, we looked at the demand side by measuring the patient's average travel distance to the nearest most efficient hospital able to provide further health services. **Finally**, we consider the patients' needs as the number of SUS hospitalizations in 2015. In Brazil most of the high complex emergency care is taken at larger hospitals, usually located in urban centers (Rocha et al., 2017) and operating with higher occupancy rates. In addition, patients rely basically on ambulance transportation for hospital emergency services. Therefore, our optimization problem will hardly target for closure a hospital that provides emergency services. **In sum**, the following parameters were used in the optimization process: 1) hospital technical and scale efficiency; 2) hospital size; 3) hospital occupancy rate; 3) distance among municipalities where hospitals were located; 5) hospital uptake capacity (days of beds available); 6) hospital average length of stay. The software Lingo 18.0 was used to solve the following optimization problem:

$$\text{Minimize} \quad \sum_i \sum_{j, i \neq j} d_{ij} p_{ij} \quad (1.0)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_j p_{ij} \leq p_i, \forall i, \quad (1.1)$$

$$\sum_j c_j \geq p_{ij}, \forall i, \quad (1.2)$$

$i \in \text{Closing Hospitals}$

$j \in \text{Receiving Hospitals}$

in which i indicates the hospital targeted to be closed, j indicates potential hospitals to receive patients, d_{ij} is the distance in kilometers between i and j , p_i is the number of patients hospitalized in i , p_{ij} is the number of patients i referenced to hospital in j , c_j is the days of beds available in j .

The object function (1.0) is to minimize the total weighted distance between hospitals targeted to be closed (i) and those larger or more efficient (j) and with enough installed capacity (occupancy rate less

than 70%) to receive additional patients. Constraint (1.1) warrants that patients transferred from i to j do not exceed the volume of patients in i . Constraint (1.2) assures that patients are transferred to another hospital only if it has available capacity.

The hospitals that were identified for closure are denominated in our paper as *closing hospitals*, the hospitals with capacity to receive additional patients are called *receiving hospitals*, and those hospitals that are not able to absorb the additional flow are named *unchanging hospitals*.

3 RESULTS

Figure 1 presents the hospital indicators according to the groups identified in the optimization analysis. The *closing hospitals* have technical and scale efficiency below the other groups (*receiving* and *unchanging* hospitals), perform only a few hospitalizations per month, of lower costs and predominantly of medium complexity. These hospitals registered a high proportion of hospitalizations for Primary Care Sensitivity Conditions (PCSCs), indicating that interventions that could have prevented hospitalizations were not accessible and/or properly coordinated. They operate with low levels of occupancy rate (8.53%) and are mostly dedicated to local patients, providing hospital care for only 6.46% of nonresidents, which traveled on average 125.17km to access the health service.

The *unchanging hospitals* are larger and with higher levels of technical and scale efficiency than the Brazilian average hospital. They perform a higher volume of hospitalizations per month and almost all high complexity treatments of SUS. They operate according to the National Health Agency (ANS) recommendation for occupancy rate – 75% to 85% (ANS, 2013) and play an important role providing services to non-residents (33.32%), who need to travel long distances (332.75km).

The *receiving hospitals* also present higher levels of technical and scale efficiency than the Brazilian average hospital. They are smaller than the unchanging hospitals and perform lower levels of hospitalization per month, provide mainly medium complexity care, have a high proportion of PCSCs, operate with an occupancy rate (31.73%) far below the ANS recommendation and have an important role in receiving nonresidents patients (19.86%), who average distance traveled is 214.27km. Because of these characteristics, they are potential hospitals to absorb patients from closing hospitals.

Figure 1. Hospital Indicators according to the optimization analysis: closing, receiving and unchanging hospitals.

		Closing hospitals	Receiving hospitals	Unchanging hospitals		Brazilian hospitals
Number of hospitals		497	2,603	404		3,504
Efficiency		Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)	p-value	Mean (sd)
	Technical efficiency	0.39 (0.11)	0.61 (0.22)	0.75 (0.19)	0.0000	0.59 (0.23)
	Scale efficiency	0.38 (0.14)	0.79 (0.22)	0.93 (0.10)	0.0000	0.75 (0.25)
Dimensions	Indicators					
Public-private mix	Volume of beds dedicated to SUS	24.94 (8.99)	62.82 (78.16)	181.37 (147.99)	0.0000	71.12 (93.94)
	Beds dedicated to SUS (%)	96.03 (9.60)	88.78 (13.61)	88.31 (13.64)	0.0000	89.76 (13.36)
Production	Volume of hospitalization per month	19.83 (11.31)	181.57 (240.70)	741.70 (531.51)	0.0000	223.21 (337.21)
Case-mix	Medium complexity Treatments (%)	99.84 (2.82)	98.50 (6.76)	93.14 (11.01)	0.0000	98.07 (7.24)
	High complexity Treatments (%)	0.16 (2.82)	1.50 (6.76)	6.86 (11.01)	0.0000	1.93 (7.24)
	Hospitalization for primary care sensitivity condition (%)	30.63 (14.91)	22.54 (14.12)	12.43 (8.79)	0.0000	22.53 (14.48)
Production factors	Doctors/bed	0.51 (0.40)	0.97 (2.81)	2.53 (1.81)	0.0000	1.08 (2.56)
	Nurses/bed	0.15 (0.10)	0.19 (0.31)	0.45 (0.31)	0.0000	0.22 (0.30)
	Nursing assistant and technicians/bed	0.50 (0.28)	0.74 (0.77)	1.55 (1.00)	0.0000	0.80 (0.80)
	Senior management Professionals/bed	0.05 (0.04)	0.04 (0.08)	0.03 (0.06)	0.0000	0.04 (0.07)
	Medium complexity equipment/bed	0.48 (0.46)	0.46 (0.57)	0.35 (0.81)	0.0014	0.45 (0.59)
	High complexity equipment/bed	0.04 (0.23)	0.31 (0.91)	1.57 (1.51)	0.0000	0.41 (1.03)
	Spend per hospitalization (US\$/hospitalization)	126.56 (35.39)	202.20 (206.62)	422.86 (268.58)	0.0000	216.92 (215.40)
Performance	Average lenght of stay (days)	3.24 (1.31)	3.79 (2.45)	6.42 (2.97)	0.0000	4.02 (2.55)
	Turnover index	0.74 (0.47)	2.06 (1.45)	1.89 (1.93)	0.0000	1.86 (1.49)
	Occupancy rate (%)	8.53 (5.23)	31.73 (17.17)	82.45 (11.39)	0.0000	34.29 (24.58)
Quality	Gross mortality rate (%)	1.88 (2.48)	3.09 (3.39)	7.19 (4.24)	0.0000	3.39 (3.68)
	Hospital transfers (%)	4.91 (6.60)	3.47 (4.37)	3.73 (4.92)	0.0000	3.70 (4.83)
Geographic influence	Nonresident hospitalizations (%)	6.46 (11.76)	19.86 (28.27)	33.32 (21.60)	0.0000	19.51 (26.70)
	Average distance traveled by SUS patients (km)	125.17 (207.71)	214.27 (209.80)	332.75 (204.68)	0.0000	215.29 (215.33)

Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde. 2015b)

Figure 2 shows the municipalities characteristics according to the groups of hospitals identified for the optimization analysis. The *closing hospitals* are located in municipalities with low population density, presenting more beds dedicated to SUS per thousand inhabitants than the Brazilian average. These municipalities however have the smallest number of doctors per thousand inhabitants, are the least developed, with the lowest Municipal Human Development Index (MHDI) and Gross Domestic Product (GDP) per capita.

Figure 2. Hospitals' Municipality characteristics: closing, receiving and unchanging hospitals.

	Closing hospitals	Receiving hospitals	Unchanging hospitals		Brazilian hospitals
	Mean (sd)	Mean (sd)	Mean (sd)	p-value	Mean (sd)
Municipal indicators					
Beds dedicated to SUS per thousand inhabitants	2.40 (1.54)	1.75 (1.58)	0.70 (0.73)	0,0000	1.72 (1.56)
Doctors dedicated to SUS per thousand inhabitants	1.01 (0.83)	1.06 (1.49)	1.44 (2.11)	0,0000	1.10 (1.51)
Population density	78.37 (403.66)	411.57 (1,354.01)	1,954.05 (2,659.75)	0,0000	542.15 (1,572.20)
GDP per capita (US\$)	3,587.90 (3,469.23)	4,793.27 (4,969.52)	7,779.92 (5,274.72)	0,0000	4,966.69 (4,945.07)
MHDI ¹	0.65 (0.064)	0.69 (0.07)	0.76 (0.05)	0,0000	0.69 (0.07)

Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde. 2015b); Population Census and IDHM, 2010 (Human Development Atlas in Brazil, 2013a; Human Development Atlas in Brazil, 2013b); Municipalities Areas (IBGE, 2010); Gross Domestic Product of Municipalities (IBGE, 2015); Exchange Rate – R\$/US\$ (Banco Central do Brasil, 2015).

¹ The MHDI summarizes the following three dimensions of human development: longevity (life expectancy at birth), education (18 years old and over with primary education completed, the population of young people attending school), and income (monthly income per capita) (Human Development Atlas in Brazil, 2013).

Hospital closure would only be feasible for 419 hospitals out of 497 hospitals targeted to be closed, because for 78 of them the closure would imply a distance traveled higher than 70 km. Figure 3 presents summary distance measures by state for these 78 hospitals. Amapá (AP) would experience the longest negative impact on accessibility, where patients from these closing hospitals would have to travel, on average, 470 km to the nearest receiving hospital, followed by Roraima (RR) - 320.67 km. In such cases hospital closure would increase inequity, so these units should keep operating despite inefficiencies.

Figure 3. Distance traveled higher than 70 km, according to the Brazilian States.

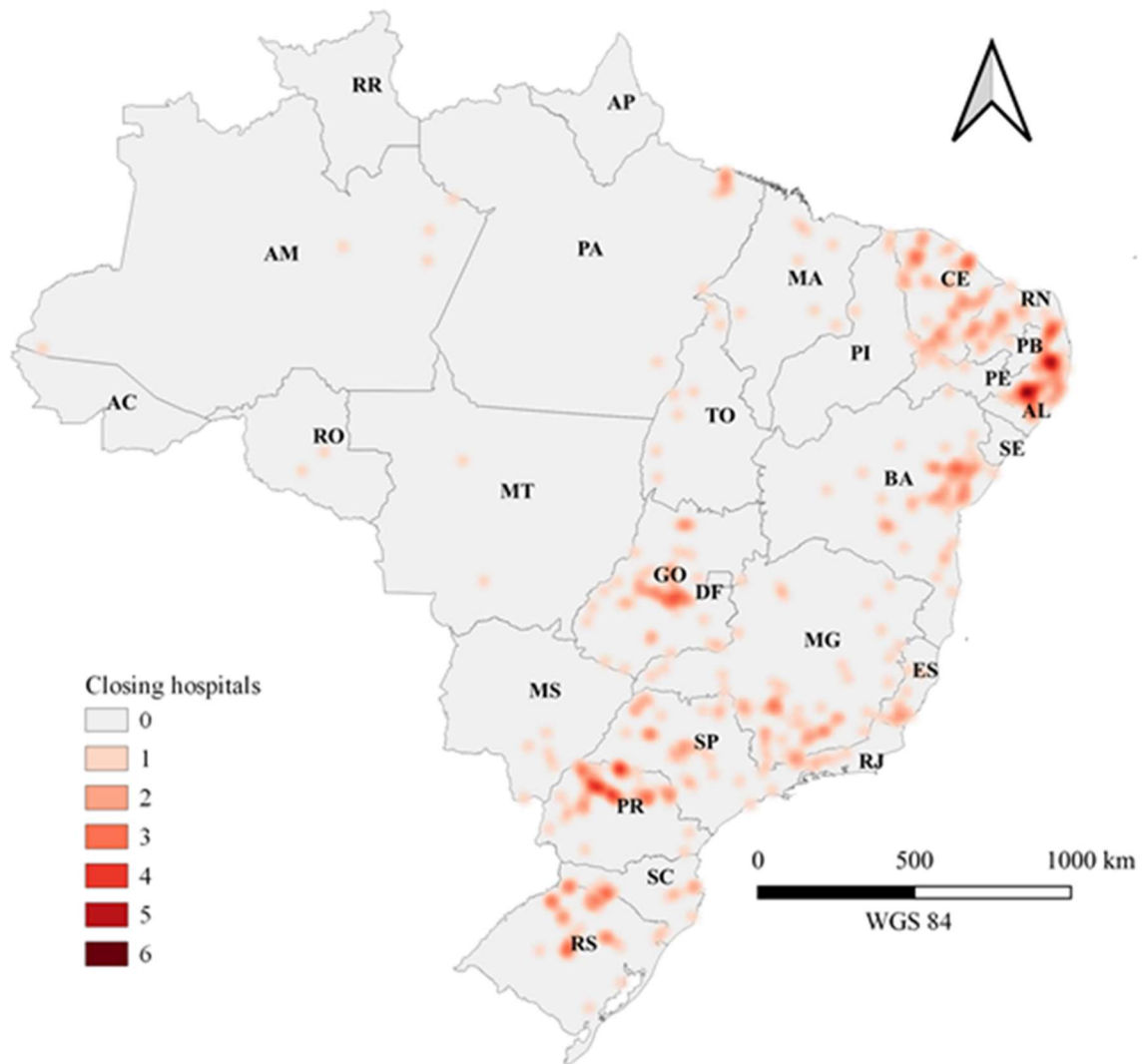
State	Patients' average traveled distance			
	mean	sd	min	max
Amapá	470.00	0	470.00	470.00
Roraima	320.67	12.50	312.00	335.00
Amazonas	178.86	79.23	92.00	278.00
Maranhão	176.00	0.00	176.00	176.00
Rio Grande do Sul	154.00	0.00	154.00	154.00
Rondônia	150.25	124.72	72.00	336.00
Mato Grosso	140.59	64.52	77.00	299.00
Bahia	137.50	68.59	89.00	186.00
Minas Gerais	120.33	31.79	95.00	156.00
Paraná	105.40	58.86	72.00	210.00
Goiás	105.14	36.26	71.00	179.00
Tocantis	102.17	29.77	76.00	148.00
Mato Grosso do Sul	98.50	21.93	83.00	114.00
Pará	98.00	0.00	98.00	98.00
Rio Grande do Norte	93.00	0.00	93.00	93.00
Pernambuco	82.00	14.54	71.00	107.00
Ceará	79.67	6.81	72.00	85.00
Paraíba	79.00	0.00	79.00	79.00
Piauí	73.00	0.00	73.00	73.00

Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde. 2015b)

In case the 419 closing hospitals stopped operating, 73% of their patients would need to travel up to 50 km (and 84% would need to travel up to 70 km). As shown in Figure 1 the occupancy rates of closing hospitals were very low in 2015. Therefore, the closure of these hospitals would cause just a slight increase in the occupancy rate of receiving hospitals: from 31.73% to 32.60%.

Figure 4 shows the location of closing hospitals for distance traveled up to 70km. Hospital closure is more feasible in the Northeast region (especially for the states of Pernambuco – PE and Paraíba – PB), followed by the South and Southeast regions. There is also some room for hospital restructuring in the state of Goiás (GO). For the other Center-West and North states however hospital closure is questionable, since the distance traveled to reach the closest potential receiving hospital would be higher than 70km (Figure 3 and Figure 4).

Figure 4. Closing Hospitals' location when the average distance traveled was equal or below 70 km, by the Brazilian States

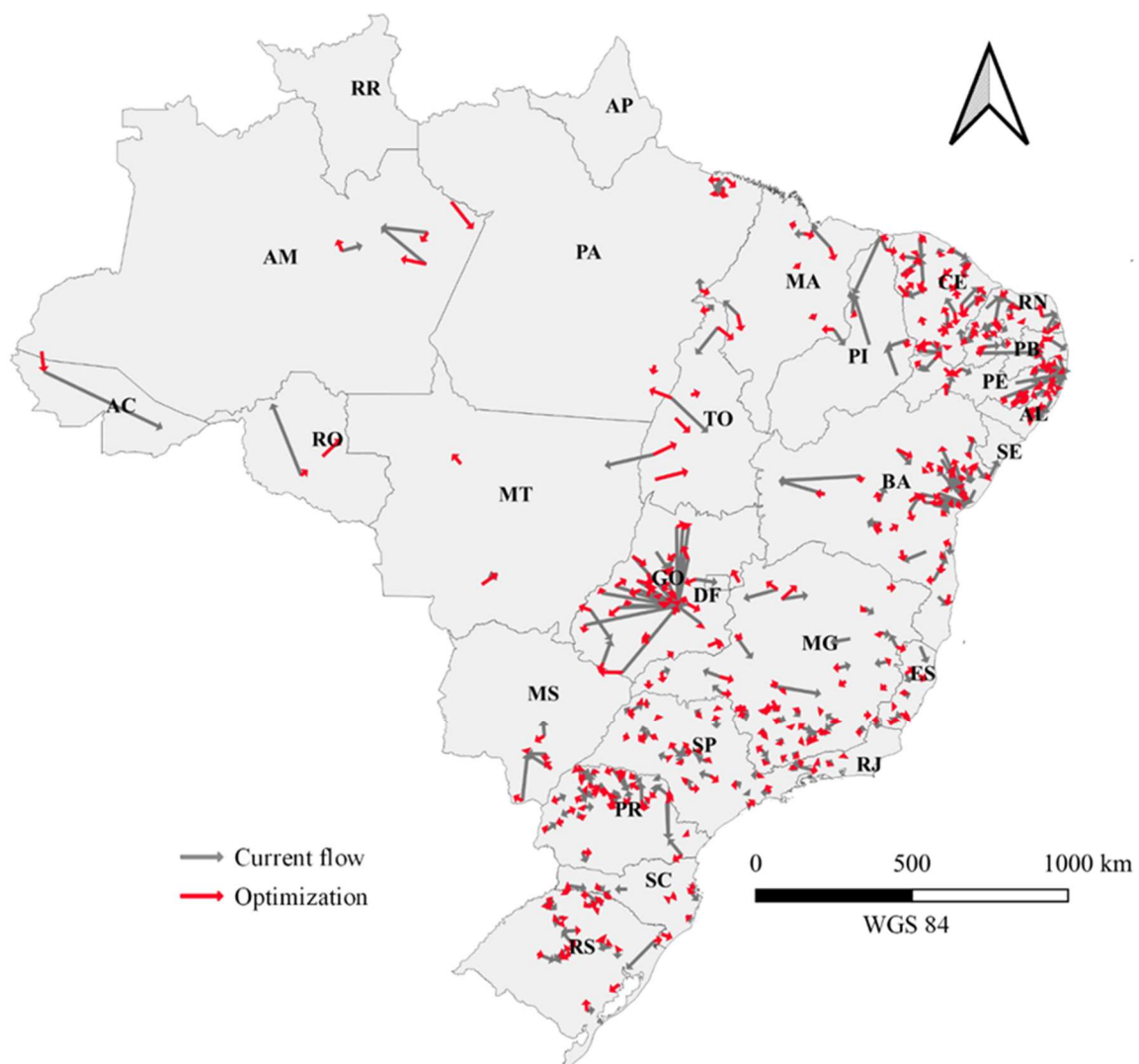


Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde. 2015b)

Figure 5 presents the comparison of patients' current flow and after the optimization for medium complexity treatments. The dark grey lines show patients current flow. The red lines correspond to the flow suggested by the optimization, aimed to minimize the patients' traveled distance. The overlap between current and optimization flows is only 26.44%. The patients' distance traveled today is on average 97.50 km. The optimization suggests that if patients traveled to the closest receiving hospitals they would travel 66.62 km less. Goiás (GO) is one of the states with the largest impact in terms of reduction in potential traveled distance. In the state of Amazonas (AM), for example, in three situations

patients could have travelled shorter distances if the hospital sector had a coordinated management practice. The states of Southeast and South regions, on the other hand, presented smaller differences if compared to the others. In São Paulo (SP), where most of Brazilian hospitals are located, current flows present very similar patterns to suggested flows.

Figure 5. Patients' current flow and after optimization for medium complexity treatments, by the Brazilian States



Source: CNES and SIH/SUS, 2015 (Ministério da Saúde, 2015a; Ministério da Saúde, 2015b)

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This paper analyzed the potential improvements in management practices among Brazilian general hospitals of the United Health System. Our analysis shows that a resources optimization is viable for almost all *closing hospitals* with no harm for the equity principle. Our study suggests four main conclusions. First, most of the inefficient hospitals in Brazil are of small size and public, and these hospitals operate with low levels of occupancy rate. Second, these hospitals, denominated *closing hospitals*, are mainly located in less developed municipalities with low population density. Third, hospitals closure was not recommended for only 16% of the target hospitals.

Despite the *closing hospitals* perform a very low level of hospitalizations per month, and basically of lower complexity, in 16% of the cases they are the only alternative for the local population. Therefore, the closure would be recommended only when another hospital healthcare was available nearby (up to 70 km). The positive relationship between hospital inefficiency and closure was discussed in other studies as well (Deily et al., 2000; Lindrooth et al., 2003; Schuurman et al., 2006; Ciliberto and Lindrooth, 2007; Capps et al., 2010). In tandem with our results, hospitals that are more inefficient and provide services with lower reimbursements have a greater probability to close (Ciliberto and Lindrooth, 2007).

The *closing hospitals* were mainly located in less developed regions, with a lower population and doctors' density. This pattern is also found in other countries. In Canada, for instance, hospital downsizing or closure happened in many rural areas of British Columbia. Small rural hospitals, for being the least efficient to operate and usually with limited capabilities, were targeted for closure (Schuurman et al., 2006). However, the decision to close a hospital varies largely across healthcare providers. Private hospitals may have more incentives to reach efficiency than public hospitals (Deily et al., 2000). In the context of SUS, hospital services are co-financed at sub-national levels (states and municipalities) by federal grant transfers (La Forgia et al., 2009) and the openings and maintenance of local hospitals are sometimes associated with political and financial incentives (Ferraz and Finan, 2005; La Forgia et al., 2009; Herr et al., 2011; Mello and Lago-Peñas, 2013), not always following the principles of equity and efficiency (economies of scale and scope).

Despite the volume of hospital targets to be closed (497), we do not recommend the closure of 78 of them. In such cases, patients would need to travel more than 70 km to reach the nearest hospital and

the equity principle would be weakened. Even so, it would still be possible to close 84% of all target units, with a maximum of travel distance of 70 km. Optimization of this sort can have positive effects in the health sector as a whole (fiscally) but also for the management of hospital units, since resources to maintain their operation could be reallocated to other priorities, such as technological and health facilities improvements, training or other public health necessities, as found by Ciliberto and Lindrooth (2007).

Liu et al. (2001) and Schuurman et al. (2006) found that closure of rural hospitals in some Canadian jurisdictions did not automatically result in the worsening of health outcomes or unviable access to inpatient services for the rural population. Avdic (2016) found an adverse effect only during the first year, suggesting an adaptation of the stakeholders involved. In addition to few or no effect of hospital closure on the population health outcomes, some studies suggest that it can actually improve hospital efficiency. Lindrooth et al. (2003), for instance, found a continuous improvement in the efficiency of urban hospital markets, mainly explained by the increase in hospital beds utilization at neighboring hospitals and by the resulting economies of scale.

The study showed that the distance suggested by the optimization analysis would be smaller than the distance currently traveled by patients. In some states however the overlap between current and optimization flows is more frequent, such as the state of São Paulo (SP). Therefore, a more coordinated hospital sector would be better prepared to meet the equity and efficiency aspects and understand patient's preferences. Patients do not always follow the logic of a shorter distance to reach a hospital. They might prefer to be hospitalized in larger and well-known hospitals and/or in municipalities close to their family and acquaintances.

This study presents a few limitations. First, it does not consider patients' health conditions. In some circumstances, distance is crucial for health outcomes. Second, the databases used do not provide information about equipment technological differences. Third, we are not able to assess variations in workforce expertise. However, we consider that these limitations do not invalidate our results since these differences are randomized across hospitals. There are advantages to using the optimization analysis. First, it raises opportunities for resource containment at the same time that seeks to minimize patients' average travel distance. Hospitals with very low levels of performance can be located not too far from more efficient ones, allowing the downsizing or closure of inefficient hospitals. Besides, hospitals with very low occupancy rates can have their services transferred to another nearby hospital

that is able to receive more patients. Fourth, identifying key hospitals in the provision of health can allow the adequate allocation of resources to them, avoiding the destination of resources to hospitals that are not technically prepared to absorb local needs.

Resource constraints are leading to a reorganization of the health systems worldwide. As SUS has a central role in providing services for the Brazilian health sector, this subject is crucial for the sustainability of the health system. It is important to foster hospital networking to explore economies of scale, knowledge exchange and management/operation centralization (Herr et al., 2011). Further studies would be important, such as the ones focusing on patients' transportation coverage and hospital spending. It would be important in the future to estimate the savings and efficiency improvements resulted from the reorganization recommended in this study. In Sweden, for example, public spending on health decreased by more than 10% between 1990 and 2000 after the structural change in inpatient care (Avdic, 2016).

REFERENCES

1. Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS). 2013. Ministério da Saúde. Brasil. *Fichas Técnicas dos Indicadores Hospitalares Essenciais*. [citado 2019 jan 30] Disponível em: http://www.ans.gov.br/texto_lei_pdf.php?id=1575
2. Amaral, PV. 2013. Spatial structure of health equipment in Brazil. Doctoral dissertation. University of Cambridge.
3. Avdic, Daniel. 2016. Improving efficiency or impairing access? Health care consolidation and quality of care: Evidence from emergency hospital closures in Sweden. *Journal of health economics*. 48: 44-60.
4. Banco Central do Brasil. Exchange Rate (R\$/US\$). Brasília. 2015. [citado 2019 jan 30]. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/expectativas/publico/en/serieestatisticas>.
5. Barbosa EC and Cookson R. 2019. Multiple inequity in health care: an example from Brazil. *Social Science & Medicine*, 228, 1-8.
6. Botega LA, Andrade MV, Guedes GR. 2020. Perfil dos Hospitais do Sistema Único de Saúde. *Revista de Saúde Pública* (forthcoming paper).

7. Botega LA, Andrade MV, Guedes GR. 2020b. Brazilian hospitals' performance: an assessment of the Unified Health System (SUS). *Health Care Management Science* (forthcoming paper).
8. Burkey ML, Bhadury J, Eiselt HA, et al. 2017. The impact of hospital closures on geographical access: Evidence from four southeastern states of the United States. *Operations Research Perspectives*, 4, 56-66.
9. Capps C, Dranove D, Lindrooth RC. 2010. Hospital closure and economic efficiency. *Journal of Health Economics*, 29(1), 87-109.
10. Carvalho LR., Junior AAB, Amaral PVM et al. 2016. Matrizes de distâncias entre os distritos municipais no Brasil: um procedimento metodológico. *Texto para Discussão*, (532).
11. Cesconetto A, Lapa JDS, Calvo MCM. 2008. Avaliação da eficiência produtiva de hospitais do SUS de Santa Catarina, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 24, 2407-2417.
12. Chen A., Hwang Y, Shao B. 2005. Measurement and sources of overall and input inefficiencies: Evidences and implications in hospital services. *European Journal of Operational Research*, 161(2), 447-468.
13. Chen PS, Lin MH. 2017. Development of simulation optimization methods for solving patient referral problems in the hospital-collaboration environment. *Journal of Biomedical Informatics*, 73, 148-158.
14. Chen PS, Yang KH, Robielos RAC, Cancino RAC et al. 2016. Patient referral mechanisms by using simulation optimization. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 61, 14-27.
15. Chi CL, Street WN, Ward MM. 2008. Building a hospital referral expert system with a prediction and optimization-based decision support system algorithm. *Journal of Biomedical Informatics*, 41(2), 371-386.
16. Ciliberto F, Lindrooth RC. 2007. Exit from the hospital industry. *Economic Inquiry*, 45(1), 71-81.
17. Cochran JK, Roche KT. 2009. A multi-class queuing network analysis methodology for improving hospital emergency department performance. *Computers & Operations Research*, 36(5), 1497-1512.
18. Deily ME, McKay NL, Dorner FH. 2000. Exit and inefficiency: The effects of ownership type. *Journal of Human Resources*. 734-747.

19. Embrett MG and Randall GE. 2014. Social determinants of health and health equity policy research: exploring the use, misuse, and nonuse of policy analysis theory. *Social Science & Medicine*, 108, 147-155.
20. Ferraz C and Finan F. 2005. Reelection Incentives and Political Corruption: Evidence from Brazil's municipal audit reports. *University of California*, Berkeley.
21. França GV, Restrepo-Méndez MC, Maia MFS et al. 2016. Coverage and equity in reproductive and maternal health interventions in Brazil: impressive progress following the implementation of the Unified Health System. *International Journal for Equity in Health*, 15(1), 149.
22. Fo ARAV and Mota IS. 2012. Optimization models in the location of healthcare facilities: a real case in Brazil. *Journal of Applied Operational Research*, 4(1), 37-50.
23. Gragnolati M, Lindelow M., Couttolenc B. 2013. Twenty years of health system reform in Brazil: an assessment of the Sistema Único de Saúde. The World Bank.
24. Granja C, Almada-Lobo B, Janel, F et al. 2014. An optimization based on simulation approach to the patient admission scheduling problem using a linear programming algorithm. *Journal of Biomedical Informatics*, 52, 427-437.
25. Green LV, Armand G. 2010. Using queueing theory to alleviate emergency department overgrowing, in: James J. Cochran (Ed.), *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, pp. 1–9.
26. Herr A, Schmitz H, Augurzky B. 2011. Profit efficiency and ownership of German hospitals. *Health Economics*, 20(6), 660-674.
27. Human Development Atlas in Brazil. 2013a. Brazilian Demographic Census of 2010. <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/en/consulta/>, accessed November 2018.
28. Human Development Atlas in Brazil. 2013b. Municipal Human Development Index (MHDI) of 2010. <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/en/consulta/>, accessed November 2018.
29. IBGE. 2010. Municipalities Areas. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=downloads>, accessed November 2018.
30. IBGE. 2015. Gross Domestic Product of Municipalities. 2015. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). <https://www.ibge.gov.br/en/np-statistics/economic/national->

accounts/19567-gross-domestic-product-of-municipalities.html?=&t=o-que-e, accessed November 2018.

31. La Forgia GM, Couttolenc BF. Hospital performance in Brazil: the search for excellence (English). Washington, DC: World Bank. 2008. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/815061468015870054/Hospital-performance-in-Brazil-the-search-for-excellence>
32. Landman AB, Spatz ES, Cherlin EJ et al. 2013. Hospital collaboration with emergency medical services in the care of patients with acute myocardial infarction: perspectives from key hospital staff, *Annals of Emergency Medicine*. 61 185–195.
33. Lindrooth RC, Sasso ATL, Bazzoli GJ. 2003. The effect of urban hospital closure on markets. *Journal of Health Economics*. 22(5), 691-712.
34. Lins ME, Lobo MSDC, Silva ACMD et al. 2007. O uso da Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliação de hospitais universitários brasileiros. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12, 985-998.
35. Lins MPE, Netto SOA, Lobo MCS. 2019. Multimethodology applied to the evaluation of Healthcare in Brazilian municipalities. *Health Care Management Science*, 22(2), 197-214.
36. Liu L, Hader J, Brossart B et al. **Impact of rural hospital closures in Saskatchewan, Canada.** *Social Science & Medicine* 2001, **52**:1793-1804.
37. Lopes LDMN, Assis AF, Diniz SD et al. 2019. (Un) Equitable distribution of health resources and the judicialization of healthcare: 10 years of experience in Brazil. *International Journal for Equity in Health*, 18(1), 10.
38. Macinko J and Lima-Costa MF. 2012. Horizontal equity in health care utilization in Brazil, 1998–2008. *International Journal for Equity in Health*, 11(1), 33.
39. Mello L, Lago-Peñas S. 2013. Local government cooperation for joint provision: the experiences of Brazil and Spain with inter-municipal consortia. The challenge of local government size, theoretical perspectives, international experience, and policy reform. *Edward Elgar, Cheltenham*, 221-241.
40. Ministério da Saúde. 2015a. Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, DATASUS. <http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude/servicos2/transferencia-de-arquivos>, accessed 30 agosto 2018.

41. Ministério da Saúde. 2015b. Sistema de Informações Hospitalares . Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, DATASUS. <http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude/servicos2/transferencia-de-arquivos>, accessed 30 agosto 2018.
42. Ministério da Saúde. 2017. Contas do SUS na Perspectiva da Contabilidade Internacional – Brasil, 2010-2014.
43. OECD. 2015. Health at a Glance 2011. *OECD Indicators, OECD Publishing, Paris*. DOI: https://doi.org/10.1787/health_glance-2015-en. accessed February, 15, 2016.
44. Perucca G, Piacenza M, Turati G. 2018. Spatial inequality in access to healthcare: evidence from an Italian Alpine region. *Regional Studies*, 1-12.
45. Pollard J, Oliver-McNeil S, Patel S et al. 2014. Regional hospital collaboration is associated with reduced 30-day readmission in medicare heart failure patients, *Journal of Cardiac Failure*. 20 S55.
46. Rocha TAH, Silva NC, Amaral PV et al. 2017. Access to emergency care services: a transversal ecological study about Brazilian emergency health care network. *Public Health*, 153, 9-15.
47. Rodrigues JM, Torres HOG, Barbosa ACQ et al. 2016. Gestão de Recursos Humanos e desempenho hospitalar na perspectiva da eficiência: um estudo em hospitais brasileiros de pequeno porte. Universidade Federal de Minas Gerais.
48. Sandiford P, Consuelo DV, Rouse MP et al. 2018. The trade-off between equity and efficiency in population health gain: Making it real. *Social Science & Medicine*, 212, 136-144.
49. Scutchfield FD, Evashwick CJ, Carman AL. 2011. Public health and hospital collaboration: new opportunities, new reasons to collaborate, *Journal of Public Health Management and Practice*. 17 522–523.
50. Schuurman N, Fiedler RS, Grzybowski, SC et al. 2006. Defining rational hospital catchments for non-urban areas based on travel-time. *International Journal of Health Geographics*, 5(1), 43.
51. Souza IV, Nishijima M, Rocha F. 2010. Eficiência do setor hospitalar nos municípios paulistas. *Economia Aplicada*, 14(1), 51-66.
52. Souza PCD, Scatena, JHG, Kehrig RT. 2016. Aplicação da Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência de hospitais do SUS em Mato Grosso. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 26, 289-308.

53. Steiner MTA, Datta D, Neto PJS et al. 2015. Multi-objective optimization in partitioning the healthcare system of Parana State in Brazil. *Omega*, 52, 53-64.
54. Sun X, Sun T, Jin Y, Wang Y. 2019. Spatial Organization of Hierarchical Medical Services within the City Proper of Tianjin, China: Towards Efficient Medical Alliances. *Sustainability*, 11(1), 229.
55. Uga MAD, Lopez EM. 2007. Os hospitais de pequeno porte e sua inserção no SUS. *Ciência & Saúde Coletiva* 12, 915-928.
56. Watson DE, Krueger H, Mooney D et al. 2005. Planning for renewal: mapping primary health care in British Columbia. Centre for Health Services and Policy Research, College of Health Disciplines, The University of British Columbia.
57. World Bank. 2018. Propostas de Reformas do Sistema Único de Saúde Brasileiro – Uma nota de política econômica, working paper. Brasília: World Bank.

CONCLUSÃO

Os papéis vocacionais dos hospitais do Sistema Único de Saúde (SUS) variam segundo porte, tipo de prestador e hospital de ensino e pesquisa. A escala de produção é um dos aspectos mais marcantes na diferenciação da performance hospitalar. E embora os serviços hospitalares sejam ofertados com um elevado nível de ineficiência, presente em todos os estados brasileiros, há espaço para melhorias, como indicado pela análise de otimização dos recursos hospitalares.

Os hospitais pequenos são predominantemente público-municipais, operam com taxas de ocupação muito abaixo do recomendado pela ANS (ANS, 2013), resultado também observado em outros estudos (La Forgia & Couttolenc, 2008; Ramos et al., 2015). Embora os indicadores e os níveis de eficiência desses hospitais apontem para uma baixa performance, eles desempenham um importante papel no atendimento à população local. Os hospitais de maior porte, por sua vez, possuem uma melhor performance, são em sua maioria público-estaduais e filantrópicos, possuem elevada abrangência geográfica, são responsáveis por um elevado volume mensal de atendimentos e realizam praticamente todos os procedimentos de alta complexidade dos pacientes do SUS.

A performance hospitalar varia também segundo tipo de prestador. Os hospitais privados apresentam os melhores níveis de eficiência técnica e de escala, enquanto os hospitais públicos os níveis mais baixos, resultado também encontrado por La Forgia & Couttolenc, 2008, que apontam as Organizações Sociais de Saúde (OSSs) e os hospitais privados entre os mais eficientes, sugerindo que maior autonomia de gestão pode levar a melhor performance. Os hospitais privados não estão restritos a interesses políticos ou orçamento público e conseguem tomar decisões de forma mais ágil, desenvolver redes de serviços com outros hospitais, usufruindo mais facilmente de economias de escala, troca de conhecimento e centralização de compras e contratação de serviços (Herr et al., 2011; Czypionka et al., 2014). Mas cabe ressaltar o importante papel desempenhado pelos hospitais públicos de grande porte. Esses hospitais apesar de apresentarem níveis mais baixos de eficiência técnica do que os privados e filantrópicos de mesmo porte, tem uma grande relevância na prestação de serviços de alta complexidade, recebendo uma grande proporção de pacientes do SUS de outros municípios e dedicados principalmente à população mais vulnerável socioeconomicamente (Silva et al., 2014). Os atrasos nas altas hospitalares, e as consequentes altas taxas de ocupação, estão associados a escolhas médicas em aguardar exames complementares, resultados de exames ou decisões sobre tratamento,

principalmente para os pacientes não residentes, que geralmente viajam longas distâncias (Silva et al., 2014).

Uma melhor coordenação hospitalar pode trazer ganhos de eficiência e equidade para todo o sistema. A análise de otimização mostrou que é possível o fechamento de alguns hospitais ineficientes sem prejuízo do princípio da equidade. A trajetória dos fluxos sugerida pela otimização mostrou que os pacientes precisariam deslocar menores distâncias se houvesse uma melhor coordenação entre os hospitais circunjacentes. Isso indica que uma rede de cooperação entre os hospitais parece ter mais impacto na qualidade e performance dos serviços prestados que políticas locais de intervenção (Longo et al., 2017).

Em um contexto de restrito financiamento público da saúde, a principal contribuição desse trabalho foi fazer um estudo mais abrangente do setor hospitalar que permitiu propor ferramentas de gestão e de monitoramento contínuo, assim como alternativas para uma melhor organização dos recursos hospitalares.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS). Ministério da Saúde. Brasil. Fichas Técnicas dos Indicadores Hospitalares Essenciais – 2013. 2013. [citado 2019 jan 30] Disponível em: http://www.ans.gov.br/texto_lei_pdf.php?id=1575
- Andrade EO, Andrade EN, Gallo JH. Estudo de caso de oferta induzindo a demanda: o caso da oferta de exames de imagem (tomografia axial computadorizada e ressonância magnética) na Unimed-Manaus. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2011; 57(2): 138-143.
- Amaral, PV. 2013. Spatial structure of health equipment in Brazil. Doctoral dissertation. University of Cambridge.
- Barbosa WF, Sousa EP. 2015. Eficiência técnica e de escala do sistema único de saúde nos municípios do Nordeste brasileiro. *Revista Econômica do Nordeste*; 46(3):99-113.
- Cunha JAC, Corrêa HL. 2013. Avaliação de desempenho organizacional: um estudo aplicado em hospitais filantrópicos: *Revista de Administração de Empresas*; 53(5), 485-499. . Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/30003>
- Czypionka, T, Kraus M, Mayer S, Röhring G. (2014). Efficiency, ownership, and financing of hospitals: the case of Austria. *Health Care Management Science*, 17(4), 331-347.
- OECD. 2015. Health at a Glance 2015. OECD Indicators, OECD Publishing, Paris. DOI: https://doi.org/10.1787/health_glance-2015-en.
- Fo ARAV and Mota IS. 2012. Optimization models in the location of healthcare facilities: a real case in Brazil. *Journal of Applied Operational Research*, 4(1), 37-50.
- Herr A, Schmitz H, Augurzky B. (2011). Profit efficiency and ownership of German hospitals. *Health Economics*, 20(6), 660-674.
- La Forgia GM, Couttolenc BF. 2008. Hospital performance in Brazil: the search for excellence (English). Washington, DC: World Bank. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/815061468015870054/Hospital-performance-in-Brazil-the-search-for-excellence>
- Longo F, Siciliani L, Gravelle H et al. (2017). Do hospitals respond to rivals' quality and efficiency? A spatial panel econometric analysis. *Health Economics*, 26, 38-62.

- Machado JA, and Guim ALDS. 2017. Descentralização e igualdade no acesso aos serviços de saúde: o caso do Brasil. *Rev. Serv. Público Brasília* 68 (1) 37-64 jan/mar 2017.
- Ministério da Saúde. 2017 Contas do SUS na Perspectiva da Contabilidade Internacional – Brasil: 2010-2014.
- Neto GV, Malik, AM. 2007. Tendências na assistência hospitalar. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12, 825-839.
- Ramos MCDA, Cruz, LPD, Kishima, VC, Pollara WM, Lira ACOD, Couttolenc BF. 2015. Performance evaluation of hospitals that provide care in the public health system, Brazil. *Revista de Saúde Publica*; 49:43.DOI:10.1590/S0034-8910.2015049005748
- Santos TT. 2011. Evidências de indução de demanda por parto cesáreo no Brasil. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, Minas Gerais, Cedeplar/UFMG.
- Santos S MAB, and Servo LMS. 2016. A provisão dos serviços e ações do SUS: participação de agentes públicos e privados e formas de produção/remuneração dos serviços. *Sistema de Saúde no Brasil*, 205.
- Silva SAD, Valácio RA, Botelho FC, and Amaral CFS. 2014. Reasons for discharge delays in teaching hospitals. *Revista de saude publica*, 48(2), 314-321.
- Viana ALD, Bousquat A, Melo GA, Negri Filho, A, and Medina MG. 2018. Regionalização e redes de saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, 23, 1791-1798.
- World Bank. 2018. Propostas de Reformas do Sistema Único de Saúde Brasileiro – Uma nota de política econômica, working paper. Brasília: World Bank.
- Zucchi P, Bittar OJ, Haddad N. 1998. Produtividade em hospitais de ensino no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública*;4:311-6.
- Portela MC, Lima SM, Barbosa PR, Vasconcellos MM, Ugá MA, Gerschman S. . 2004. Caracterização assistencial de hospitais filantrópicos no Brasil. *Revista de Saúde Pública*; 38:811-8.
- Steiner MTA, Datta D, Neto PJS et al. 2015. Multi-objective optimization in partitioning the healthcare system of Parana State in Brazil. *Omega*, 52, 53-64.
- Werner RM, Kolstad JT, Stuart EA, Polsky D. The effect of pay-for-performance in hospitals: lessons for quality improvement. *Health Affairs*, 2011; 30(4), 690-698.
<https://doi.org/10.1377/hlthaff.2010.127>