

**MAIS DE 100.000 ÓBITOS: AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS HOSPITAIS DO SUS NO TRATAMENTO À COVID-19 NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS**

**MORE THAN 100,000 DEATHS: EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF SUS HOSPITALS IN THE TREATMENT OF COVID-19 IN BRAZILIAN MUNICIPALITIES**

**MÁS DE 100.000 MUERTES: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS HOSPITALES DEL SUS EN EL TRATAMIENTO DEL COVID-19 EN MUNICIPIOS BRASILEÑOS**

**Tiago Aroeira**

Universidade Federal de Minas Gerais  
tiagoaroeira@gmail.com

**Bruno Vilela**

Universidade Federal do Espírito Santo  
brunoavilela@gmail.com

**Rui Fernando Ferreira**

Universidade Federal de Minas Gerais  
ruifernandof@gmail.com



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License  
This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License  
Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Creative Commons Attribution License

## RESUMO

Avaliou-se a eficiência clínica e gerencial dos hospitais do SUS no tratamento à *COVID-19* nos municípios brasileiros a partir da data do primeiro caso da doença no país até a data do óbito de número 100.000. Utilizou-se o método *DEA* em dois estágios. Os 437 municípios da amostra foram utilizados como unidades para avaliação da eficiência gerencial e clínica no tratamento à *COVID-19*. Os resultados evidenciam que os municípios analisados possuem, na média, melhores índices de eficiência clínica (0,76) do que gerencial (0,65). Observou-se que há a possibilidade de municípios com baixa eficiência gerencial alcançarem alta eficiência clínica. Evidenciou-se que 38% da amostra apresenta alta eficiência gerencial e clínica no tratamento à *COVID-19*, enquanto 29% apresenta baixa eficiência gerencial e clínica. Demonstrou-se que 62% dos municípios possuem oportunidade significativa de melhoria da eficiência gerencial ou clínica. Contribuiu-se com a proposição e implementação de um modelo para avaliação das eficiências gerencial e clínica de municípios no contexto da *COVID-19*. Os modelos e resultados podem ser utilizados por pesquisadores e órgãos públicos como ministérios e secretarias.

**Palavras-chave:** COVID-19; Eficiência; Análise Envoltória de Dados (*DEA*).

## ABSTRACT

The clinical and managerial efficiency of SUS hospitals in the treatment of COVID-19 in Brazilian municipalities was evaluated from the date of the first case of the disease in the country until the date of death, number 100,000. The DEA method was used in two stages. The 437 municipalities in the sample were used as units to assess managerial and clinical efficiency in the treatment of COVID-19. The results show that the analyzed municipalities have, on average, better rates of clinical efficiency (0.76) than managerial (0.65). It was observed that there is a possibility that municipalities with low managerial efficiency achieve high clinical efficiency. It was evidenced that 38% of the sample has high managerial and clinical efficiency in the treatment of COVID-19, while 29% has low managerial and clinical efficiency. It was demonstrated that 62% of the municipalities have a significant opportunity to improve managerial or clinical efficiency. The proposal and implementation of a model for assessing the managerial and clinical efficiencies of municipalities in the context of COVID-19 was contributed. The models and results can be used by researchers and public bodies such as ministries and secretariats.

**Palavras-chave:** COVID-19; Efficiency; *Data Envelopment Analysis (DEA)*.

## RESUMEN

Se evaluó la eficiencia clínica y gerencial de los hospitales del SUS en el tratamiento del COVID-19 en los municipios brasileños desde la fecha del primer caso de la enfermedad en el país hasta la fecha del fallecimiento, número 100.000. El método *DEA* se utilizó en dos etapas. Los 437 municipios de la muestra se utilizaron como unidades para evaluar la eficiencia administrativa y clínica en el tratamiento del COVID-19. Los resultados muestran que los municipios analizados tienen, en promedio, mejores índices de eficiencia clínica (0,76) que de gestión (0,65). Se observó que existe la posibilidad de que los municipios con baja eficiencia gerencial logren una alta eficiencia clínica. Se evidenció que el 38% de la muestra tiene alta eficiencia gerencial y clínica en el tratamiento de COVID-19, mientras que el 29% tiene baja eficiencia gerencial y clínica. Se demostró que el 62% de los municipios tienen una oportunidad significativa para mejorar la eficiencia administrativa o clínica. Se contribuyó con la propuesta e implementación de un modelo para evaluar las eficiencias gerenciales y clínicas de los municipios en el contexto del COVID-19. Los modelos y resultados pueden ser utilizados por investigadores y organismos públicos como ministerios y secretarías.

**Palavras-chave:** COVID-19; Eficiencia; Análisis Envoltente de Datos (*DEA*).

## INTRODUÇÃO

No dia 08 de agosto de 2020 o Brasil ultrapassou a marca de 100.000 óbitos por *COVID-19* (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020), sendo o segundo país com o maior número de vítimas fatais em todo o mundo, atrás apenas dos Estados Unidos da América (JOHNS HOPKINS UNIVERSITY, 2020; OMS, 2020). Desde que surgiu pela primeira vez na China ao final de 2019, o novo Coronavírus (*COVID-19*) se disseminou e infectou pessoas em quase todos os países do mundo (OMS, 2020) e se caracterizou como a mais recente ameaça à saúde global (FAUCI *et al.*, 2020). Trata-se de uma doença respiratória causada pela Síndrome Respiratória Aguda Grave do Coronavírus 2 (*SARS-COV-2*) (CAO, 2020), determinada como pandêmica pela Organização Mundial da Saúde (OMS) no dia 11 de março de 2020 (CUCINOTTA; VANELLI, 2020). O avanço acelerado desta doença apresenta desafios significativos para a saúde pública, médicos e pesquisadores (FAUCI *et al.*, 2020) de diferentes áreas de estudo.

Neste contexto, diversos estudos emergenciais em administração têm sido realizados, mas a gestão em saúde não tem sido, necessariamente, a prioridade. Verma e Gustafsson (2020) encontraram 107 estudos publicados de 1 de janeiro de 2020 a 11 de maio de 2020 desenvolvidos de forma emergencial em diferentes áreas da administração, com uma atenção significativa à quatro temas principais que se concentram em estudar o impacto da *COVID-19*: nos negócios; no desenvolvimento tecnológico; na gestão da cadeia de suprimentos; e na indústria de serviços. Nenhum destes temas, no entanto, concentra-se prioritariamente na gestão da saúde. É possível identificar, ainda, na literatura de administração relacionada à *COVID-19*, pesquisas referentes a temas como: marketing e inovação (WANG *et al.*, 2020), setores produtivos adequados para se trabalhar de casa (BAKER, 2020), gestão de startups (KUCKERTZ *et al.*, 2020), gestão da informação (FRARE; BEUREN, 2020) e mercado de ações (BAKER *et al.*, 2020). Ressalta-se, no entanto, que a pandemia intensifica a necessidade do desenvolvimento de estudos sobre *COVID-19* em pesquisas de administração que se refiram a temas relacionados, sobretudo, à gestão em saúde, assim como este estudo se propõe.

No que se refere à eficiência em saúde durante a pandemia, pesquisadores (BREITENBACH *et al.*, 2020; GHASEMI *et al.*, 2020; SHIROUYEHZAD *et al.*, 2020) têm utilizado o método *DEA* para avaliar a eficiência do setor de saúde em combater a *COVID-19* em diferentes países. No setor da saúde, *DEA* é útil para avaliar a eficiência de diferentes tipos de unidades produtivas, como hospitais, sistemas de saúde de países e regiões, departamentos médicos, centro cirúrgicos, unidades de terapia intensiva (UTIs), médicos e pacientes (KOHL *et al.*, 2018). No Brasil, pesquisadores (BOTEGA *et al.*, 2020; DE SOUZA *et al.*, 2014; LINS *et al.*, 2019) fazem uso frequente de *DEA* para avaliar a eficiência no setor de saúde. Ressalta-se, que não foram encontrados estudos de *DEA* em *COVID-19* que avaliaram hospitais em âmbito municipal, sobretudo no Brasil.

A partir disso, considera-se a relevância do impacto da pandemia de *COVID-19* no mundo (OMS, 2020) e no Brasil (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020), aliado à relevância da aplicação do método *DEA* para avaliações de eficiência dos sistemas de saúde no Brasil (BOTEGA *et al.*, 2020) e no mundo (KOHL *et al.*, 2018), sobretudo durante a pandemia de *COVID-19* (BREITENBACH *et al.*, 2020). Adiciona-se, a observação da reduzida proporção da quantidade de estudos de administração sobre gestão da saúde durante a pandemia, comparado a outros temas da área (VERMA; GUSTAFSSON, 2020). Assim, este estudo se propõe ao objetivo de avaliar a eficiência clínica e gerencial dos hospitais do SUS (Sistema Único de Saúde) no tratamento à *COVID-19* nos municípios brasileiros a partir da data do primeiro caso da doença no país até a data em que foi contabilizado o óbito de número 100.000.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### *Data Envelopment Analysis (DEA) no setor da saúde*

A melhoria da eficiência da gestão da saúde proporciona a um país aumentar o bem-estar, o padrão da qualidade de vida e contribuir para o próprio crescimento econômico (CHILINGERIAN; SHERMAN, 2011). *Data Envelopment Analysis (DEA)* ou Análise Envoltória de Dados é um método quantitativo utilizado com cada vez mais frequência pelas organizações e no meio acadêmico para mensurar e comparar as eficiências alcançadas por diferentes unidades produtivas que sejam comparáveis por apresentarem similaridades entre os insumos (*inputs*) utilizados e os produtos (*outputs*) gerados (BANKER *et al.*, 1984; CHARNES *et al.*, 1978; EMROUZNEJAD; YANG, 2018). Trata-se uma técnica não paramétrica que se baseia em programação linear para relacionar múltiplas medidas de *inputs* e *outputs* para avaliar de forma comparativa a eficiência relativa de unidades produtivas, denominadas de *Decision-Making-Units (DMU)* (COOPER *et al.*, 2011).

A aplicação do *DEA* oferece uma série de vantagens para a avaliação do desempenho específico de organizações no setor de saúde, sobretudo em um ambiente de aumento contínuo da pressão para se melhorar o desempenho organizacional ao controlar os custos, garantir serviços de alta qualidade e melhorar o acesso aos cuidados em saúde (CHILINGERIAN; SHERMAN, 2011). Neste contexto, o uso do *DEA* é frequente em diferentes países do mundo para avaliar a eficiência de *DMUs* como centros de saúde (ZARE *et al.*, 2019), sistemas de saúde (SEDDIGHI *et al.*, 2020), hospitais (JACOBS, 2001), UTIs (NATHANSON *et al.*, 2003), médicos (FIALLOS *et al.*, 2017), lares para idosos (DELELLIS; OZCAN, 2013), agências de enfermagem visitantes (KUWAHARA *et al.*, 2013) e organizações de manutenção da saúde (SIDDHARTHAN *et al.*, 2000).

Em significativo levantamento bibliográfico e análise de 262 artigos científicos que publicaram estudos de *DEA* em saúde, Kohl *et al.* (2018) identificaram 24 tipos diferentes de *DMUs* analisadas em que se incluem, por exemplo, hospitais, sistemas de saúde de países e regiões, departamentos médicos, centro cirúrgicos, UTIs, médicos e pacientes. No Brasil, Botega *et al.* (2020) avaliaram, a partir do método *DEA*, a eficiência de hospitais que atenderam pacientes por meio do Sistema Único de Saúde (SUS) no país em 2015, enquanto Lins *et al.* (2019) avaliaram a eficiência dos municípios brasileiros na redução da mortalidade infantil e De Souza *et al.* (2014) avaliaram a eficiência da gestão financeira de hospitais públicos e particulares que realizam atendimentos pelo SUS.

Assim como a especificação da *DMU* a ser analisada, a definição das variáveis de *input* (também denominadas de variáveis de insumo ou entrada) e a definição das variáveis de *output* (também denominadas de variáveis de produto ou saída) são fundamentais para a aplicação do método *DEA* (COOPER *et al.*, 2011). Chilingierian e Sherman (2011) complementam que na aplicação de um modelo *DEA*, sobretudo em saúde, há diversas formas de se estabelecer e conceituar as variáveis de *input* e *output* e, por isso, recomendam que o pesquisador apresente justificativas para as variáveis usadas.

Neste contexto, Chilingierian e Sherman (2011) argumentam que ao se avaliar a eficiência de uma organização de saúde como um hospital ou sistema de saúde de determinada região é importante diferenciar os tipos de eficiência entre: gerencial e clínica. O primeiro tipo se refere à eficiência da gestão da organização em alcançar o máximo rendimento a partir dos recursos alocados. O segundo tipo se refere ao gerenciamento do paciente em que se considera a tomada de decisão do médico. Este deve ser capaz de utilizar uma quantidade mínima de recursos clínicos para alcançar um resultado de qualidade constante quando atua para cuidar de pacientes com complexidade e gravidade de diagnóstico semelhantes. Chilingierian e Sherman (2011) recomendam a avaliação da eficiência na área de saúde em duas partes, em que se tem uma *DMU* controlada pelo gestor da unidade produtiva e a outra *DMU* controlada pelo médico.

Considerada esta distinção, Chilingierian e Sherman (2011) apresentam alguns exemplos de variáveis de *input* utilizadas para avaliação da eficiência gerencial, em que se incluem: equipe de enfermeiros, equipe de gerenciamento e suporte, suprimentos médicos e despesas com medicamentos, outras despesas de abastecimento e custos fixos. Como variáveis de *output* para avaliação da eficiência gerencial, Chilingierian e Sherman (2011) sugerem: quantidade de UTIs, quantidade de centros cirúrgicos, quantidade de dias do paciente em observação em unidades de cuidado progressivo, horários de cuidados de enfermagem de rotina, quantidade de tratamentos, quantidade de horas de tratamento, quantidade de

testes laboratoriais e de diagnósticos, horas de serviço de aconselhamento e quantidade de medicamentos utilizados.

Para a mensuração da eficiência clínica, Chilingerian e Sherman (2011) apresentam como exemplos para variáveis de *input* exatamente as variáveis de *output* utilizadas na eficiência gerencial, em que se observam: quantidade de UTIs, quantidade de centros cirúrgicos, quantidade de dias do paciente em observação em unidades de cuidado progressivo, horários de cuidados de enfermagem de rotina, quantidade de tratamentos, quantidade de horas de tratamento, quantidade de testes laboratoriais e de diagnósticos, horas de serviço de aconselhamento e quantidade de medicamentos utilizados. Como variáveis de *output* para avaliação da eficiência clínica, Chilingerian e Sherman (2011) sugerem, por exemplo, as variáveis: quantidade de pacientes diagnosticados, tratados e que receberam alta com resultados satisfatórios por grupo de gravidade; e quantidade de indivíduos preparados por especialidade. Dessa forma, mensura-se a eficiência clínica da capacidade da organização responsável pela saúde do paciente em aplicar as melhores práticas do processo de tratamento para alcançar o êxito de produzir um paciente tratado com sucesso com o uso de um conjunto mínimo de insumos (CHILINGERIAN; SHERMAN, 2011).

Em complemento, Kohl *et al.* (2018) identificaram na literatura onze tipos variáveis utilizadas como *input* em estudos de saúde, em que as mais frequentes são: leitos, equipe médica e enfermeiros. Os autores ressaltam que também são habitualmente utilizadas como insumos variáveis referentes a: equipe geral, suprimentos, equipamentos e infraestrutura, custos totais, desempenho do serviço, outros custos e aspectos socioeconômicos. Quanto às variáveis de *output* utilizadas em saúde, Kohl *et al.* (2018) identificaram nove tipos principais de variáveis, em que as mais frequentes são: pacientes atendidos, total de casos e pacientes internados. Os autores ressaltam que também são considerados como *outputs* variáveis referentes a: cirurgias realizadas, serviços executados, desempenho ou qualidade e receita gerada.

Para aplicação do método *DEA* é relevante que se determine, também, qual o modelo de cálculo a ser utilizado (LOPES *et al.*, 2011; VILELA, 2019). Os principais modelos matemáticos utilizados para a aplicação do método *DEA* são o modelo CCR (CHARNES *et al.*, 1978) e o modelo BCC (BANKER *et al.*, 1984), sendo os dois denominados em referência às iniciais dos autores. O modelo BCC também é denominado como *VRS* (*variable returns to scale*), pois considera os retornos variáveis de escala e o modelo CCR também é denominado como *CRS* (*constant returns to scale*), pois considera os retornos constantes de escala (BARBOSA; FUCHIGAMI, 2018). Destaca-se que o modelo BCC avalia a eficiência técnica e apresenta a forma da fronteira em uma reta de 45°, enquanto o modelo CCR avalia a eficiência total e apresenta uma fronteira linear por pares (MARIANO *et al.*, 2006). Pode-se considerar que o modelo BCC é mais benevolente na consideração das *DMUs* eficientes, do que o CCR.

Sobre a aplicação dos modelos de *DEA*, Chilingerian e Sherman (2011) argumentam que o modelo BCC é muito útil para os estudos em saúde. Neste contexto, Kohl *et al.* (2018) identificaram que o modelo mais utilizado para aplicação do método *DEA* em saúde é justamente o modelo BCC (*CRS*), com 144 (44%) aplicações do total de 330 modelos estudados pelos autores em levantamento que se estendeu de 2005 a 2016.

Outro aspecto relevante para aplicação do método *DEA* é a determinação da orientação, em que se deve determinar se o modelo será orientado ao *input* ou ao *output*. O modelo orientado ao *input* objetiva a minimização dos insumos, ou seja, alcançar os mesmos resultados reduzindo os insumos utilizados; enquanto o modelo orientado ao *output* objetiva a maximização dos resultados, ou seja, alcançar resultados melhores com os mesmos insumos (LOPES *et al.*, 2011). A determinação se o modelo é orientado ao *input* ou *output* deve ocorrer com base na avaliação do pesquisador sobre em qual dos dois tipos de variáveis os gestores possuem maior influência de controle (COELLI *et al.*, 2005). Kohl *et al.* (2018) identificaram que em estudos de saúde é habitual o uso de modelos orientados ao *input* e ao *output*.

A partir da relevância da aplicação do método *DEA* em saúde, o surgimento e a evolução da *COVID-19* incentivaram o desenvolvimento de estudos de avaliação da eficiência no setor de saúde a partir do uso do método *DEA* neste contexto. Assim, alguns destes estudos seguem apresentados na próxima seção.

### **Data Envelopment Analysis (DEA) no setor da saúde no contexto da COVID-19**

Ao se considerar a recência do tema, ainda são poucas as publicações de *DEA* em saúde no contexto da pandemia do novo Coronavírus. Em relevante recomendação, Zampieri *et al.* (2020, p. 203) sugerem o uso do método *DEA* em estudos no âmbito da *COVID-19* para, dentre outros objetivos, avaliar o desempenho das Unidades de Terapia Intensiva (UTIs) utilizadas no tratamento a esta doença. Os autores argumentam sobre a relevância da avaliação da eficiência das UTIs com a justificativa de que “é mais fácil e mais barato melhorar o desempenho e aumentar o giro de leitos do que criar um novo leito de UTI (com todos seus investimentos iniciais, de pessoal e materiais, além dos custos relacionados com medicamentos)”. Apesar desta recomendação, foi possível encontrar na literatura de *DEA* em *COVID-19* apenas modelos que avaliaram a eficiência com *DEA* a partir do uso de países como *DMU*.

Neste contexto, Breitenbach *et al.* (2020) avaliaram os 31 países mais infectados durante os 100 primeiros dias de propagação da *COVID-19* quanto à eficiência relativa em gerenciar os seus recursos e achatar a curva de contágio no combate à propagação da *COVID-19*. Os autores utilizaram o método *DEA* com modelo *BCC (VRS)* orientado ao *input* para avaliarem a eficiência dos países. Foi considerada como variável de *output* a contagem do número de dias desde o início do ciclo de cada país até o ponto em que o número de novos casos por *COVID-19* começou a cair de forma consistente de modo a evidenciar que as infecções começaram a diminuir substancialmente. As variáveis de *input* consideradas pelos autores foram: número de dias em *lockdown*; número de médicos por 1.000 habitantes; total de testes por 1 milhão de habitantes; e percentual do PIB gastos com saúde. O estudo mostrou que 12 dos 31 países da amostra foram eficientes, enquanto 19 foram ineficientes no uso de recursos para gerenciar o achatamento de suas curvas de contágio por *COVID-19*. Os autores ressaltaram que países como Alemanha, Canadá, EUA e Áustria, que estão entre os países mais ricos do mundo se apresentaram mais ineficientes do que países como Itália, França e Bélgica, que foram alguns dos mais atingidos pela propagação da doença.

Outro relevante estudo que avaliou a eficiência comparativa entre países no contexto da *COVID-19* foi o estudo desenvolvido por Ghasemi *et al.* (2020). Os autores avaliaram o desempenho de 19 países quanto a ineficiência na prevenção da propagação da *COVID-19* e a ineficiência na prevenção de mortes causadas pela doença no período de setenta dias que se estendeu do dia 2 de fevereiro a 12 de abril de 2020. Os autores operacionalizaram o método *DEA* a partir de dois modelos. No primeiro modelo, foi avaliada a eficiência dos países em prevenir a disseminação do Coronavírus, a partir da utilização, como *output*, da variável casos confirmados de *COVID-19* em cada país e como *input* foram utilizadas as variáveis população e densidade populacional. Os autores descobriram que os países que se destacaram por apresentarem ineficiência reduzida ao longo de período de análise foram Austrália, China, Coreia do Sul e Cingapura. No segundo modelo, foi avaliada a eficiência dos países estudados em prevenir as mortes causadas por *COVID-19*, a partir da utilização da variável de *output* que se refere ao número de mortes confirmadas desta doença. Como *input* para o segundo modelo, os autores utilizaram a ineficiência dos países em prevenir a propagação do coronavírus – utilizado como resultado do primeiro modelo – além da população total e do percentual da população com 65 anos ou mais em cada país. Os autores evidenciaram que Coreia do Sul e Rússia se destacaram como os países com baixa ineficiência em comparação aos outros países selecionados e com tendência de redução da ineficiência.

Shirouyehzad *et al.* (2020) também realizaram um relevante estudo para avaliação da eficiência de países durante a pandemia de *COVID-19*. Os autores avaliaram a eficiência de 29 países de diferentes continentes em controlar o contágio da *COVID-19* e em tratar as pessoas infectadas. Os autores operacionalizaram o método *DEA* em duas etapas. Na primeira etapa, a capacidade dos países em controlar o contágio foi calculada a partir de duas variáveis de *input*: densidade populacional e a média dos treze escores da capacidade básica do regulamento sanitário internacional (*IHRCCS*); e como *output* foi considerada a variável do número de casos de *COVID-19* confirmados. Na segunda etapa, os autores utilizaram uma única variável de *input*, que foi exatamente a variável número de casos de *COVID-19* confirmados que foi utilizada como *output* do modelo rodado na primeira etapa. Neste segundo modelo, os autores utilizaram como *output* os números de óbitos de cada país e os números de recuperados. Nas

duas etapas do estudo *DEA* os autores aplicaram o modelo BCC, com retorno variável de escalas. Como descobertas do estudo feito, Shirouyehzad *et al.* (2020) evidenciaram que, no período analisado, Cingapura, Vietnã e Bélgica se apresentaram como os países mais eficientes em controlar o contágio da *COVID-19* e em tratar as pessoas infectadas. No continente europeu, a Bélgica foi o país mais eficiente e a Itália o de menor eficiência, enquanto no Oriente Médio o Irã se apresentou como o país mais eficiente no controle ao contágio e o Egito o país menos eficiente em controlar o contágio, porém o mais eficiente em tratar os infectados para curá-los.

**Quadro I: Estudos de *DEA* em saúde no contexto da *COVID-19***

Estudo	Modelo	DMU	DMUs	Inputs	Outputs
Breitenbach <i>et al.</i> (2020)	BCC	País	31	- N° de dias para bloqueio; - N° de médicos / 1.000 hab.; - N° testes / 1 milhão de hab.; - % do PIB gastos com saúde.	- N° de dias desde o início do ciclo de cada país até a queda consistente de novos casos.
Ghaseemi <i>et al.</i> (2020)	BCC	País	19	<b>Primeira Etapa:</b> - População; - Densidade populacional.	<b>Primeira Etapa:</b> - N° de casos confirmados de COVID-19
				<b>Segunda Etapa:</b> - Ineficiência em prevenir a propagação da doença; - População total; - % da população com 65 anos ou mais.	<b>Segunda Etapa:</b> - N° de óbitos confirmados por COVID-19
Shirouyehzad <i>et al.</i> (2020)	BCC	País	29	<b>Primeira Etapa:</b> - Densidade populacional; - Média dos I3 escores da capacidade básica do regulamento sanitário internacional ( <i>IHRCCS</i> ).	<b>Primeira Etapa:</b> - N° de casos confirmados de COVID-19
				<b>Segunda Etapa:</b> - N° de casos confirmados de COVID-19	<b>Segunda Etapa:</b> - N° de óbitos confirmados por COVID-19; - N° de recuperados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os três estudos citados utilizaram o método *Data Envelopment Analysis (DEA)* para avaliar a eficiência e ineficiência e apresentaram significativas contribuições sobre o melhor gerenciamento de recursos no combate à evolução da pandemia por gestores e governantes de países em diferentes contextos. No entanto, ressalta-se que nenhum dos estudos encontrados analisaram tópicos mais aprofundados sobre o sistema de saúde de um país específico e nenhum se refere ao Brasil, assim como esta pesquisa se propõe.

## MÉTODO

O método utilizado nesta pesquisa é o *Data Envelopment Analysis (DEA)*, também denominado como Análise Envoltória dos Dados, com o objetivo de avaliar a eficiência relativa dos hospitais do SUS de municípios brasileiros no tratamento à *COVID-19*. Para a concepção deste estudo foram seguidas as oito etapas propostas por Chilingerian & Sherman (2011): (i) identificação do problema de saúde de interesse e os objetivos da pesquisa; (ii) definição do modelo conceitual do processo de produção de assistência médica; (iii) definição do mapa conceitual de fatores que influenciam a produção de cuidados; (iv) seleção das variáveis a serem consideradas no estudo; (v) análise dos fatores utilizando métodos estatísticos; (vi) execução de vários modelos *DEA*; (vii) análise das pontuações *DEA* com métodos

estatísticos; e (viii) registro e compartilhamento dos resultados com outros pesquisadores de *DEA* em saúde.

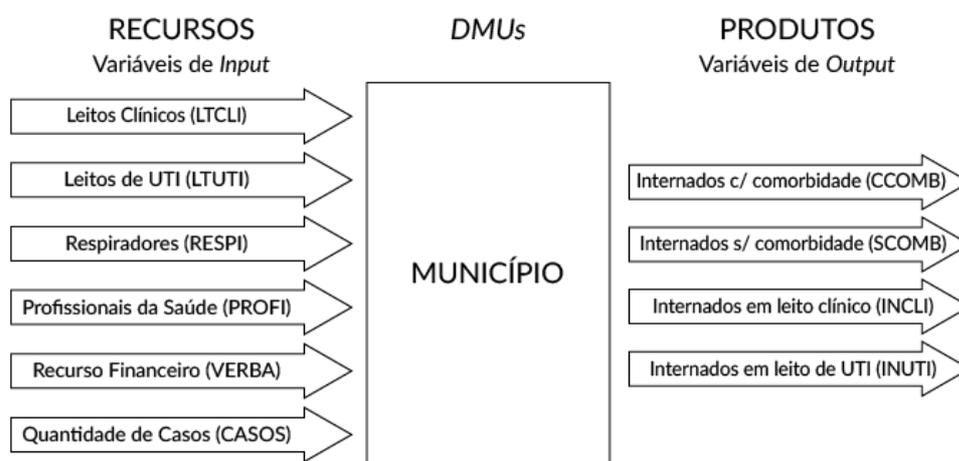
O modelo proposto neste estudo considera a avaliação da eficiência dos municípios como *DMUs* em dois estágios, em que no primeiro estágio é avaliada a eficiência gerencial e no segundo estágio é avaliada a eficiência clínica, conforme recomendado (CHILINGERIAN; SHERMAN, 2011; GHASEMI *et al.*, 2020; SHIROUYEHZAD *et al.*, 2020).

No primeiro estágio a eficiência gerencial é analisada orientada ao *input* a partir do uso das variáveis de *input*: quantidade de respiradores (RESPI); quantidade de leitos clínicos direcionados para SRAG (LTCLI); quantidade de leitos de UTI direcionados para SRAG (LTUTI); quantidade de profissionais de saúde no município (PROFI); verba federal de saúde encaminhada ao município de janeiro a julho de 2020 (VERBA); e quantidade de casos de *COVID-19* oficializados (CASOS). Como *output* foram consideradas as variáveis: quantidade de pacientes internados com *COVID-19* e com comorbidade (CCOMB); quantidade de pacientes internados com *COVID-19* e sem comorbidade (SCOMB); quantidade de pacientes internados com *COVID-19* em leitos clínicos de SRAG (INCLI); quantidade de pacientes internados com *COVID-19* em leitos de UTI de SRAG (INUTI). Nesta avaliação da eficiência gerencial é considerado como referência de eficiência o município capaz de maximizar a quantidade de pacientes internados com *COVID-19* (com ou sem comorbidades em leitos clínicos ou de UTI), utilizando-se da menor quantidade dos insumos: leitos clínicos e de UTI de SRAG; profissionais de saúde; recursos financeiros; e casos de *COVID-19* oficializados.

No segundo estágio a eficiência clínica é analisada orientada ao *output* a partir do uso das variáveis de *input*: quantidade de pacientes internados com *COVID-19* e com comorbidade (CCOMB); quantidade de pacientes internados com *COVID-19* e sem comorbidade (SCOMB); quantidade de pacientes internados com *COVID-19* em leitos clínicos de SRAG (INCLI); e quantidade de pacientes internados com *COVID-19* em leitos de UTI de SRAG (INUTI). Estas variáveis de *input* do segundo estágio são as mesmas de *output* do primeiro estágio. Como *output* considerou-se a variável: quantidade de pacientes internados com *COVID-19* que receberam alta com atestado de recuperação clínica (RECUP). Nesta avaliação da eficiência clínica considera-se referência de eficiência o município capaz de maximizar a quantidade de pacientes recuperados de *COVID-19* após internação, utilizando-se da menor quantidade de pacientes internados com *COVID-19* (com ou sem comorbidades em leitos clínicos ou de UTI).

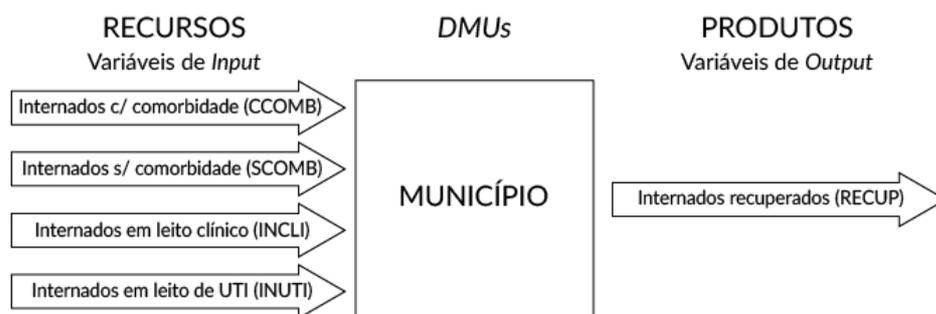
Para operacionalizar a avaliação das eficiências gerencial e clínica dos municípios com as variáveis selecionadas, utilizou-se o *software* estatístico R (<http://www.r-project.org/>), com o pacote específico para aplicação do modelo *DEA* denominado como *Benchmarking*, desenvolvido e aplicado também em Bogetoft e Otto (2011). O resultado de eficiência apresentado é um número de 0 a 1, em que quanto mais próximo de 1, mais eficiente é considerada a *DMU*.

**Figura I: Primeiro estágio – Eficiência Gerencial**



Fonte: Elaborada pelos autores.

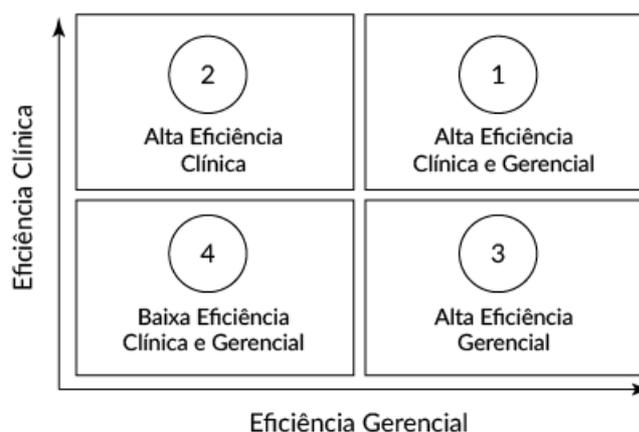
Figura 2: Segundo estágio – Eficiência Clínica



Fonte: Elaborada pelos autores.

Com o objetivo de facilitar a compreensão das eficiências gerencial e clínica dos municípios analisados, propõe-se e utiliza-se uma matriz (Figura 3). O eixo horizontal se refere à eficiência gerencial e o eixo vertical à eficiência clínica. O Quadro 2 apresenta a descrição de cada quadrante.

Figura 3: Matriz de avaliação das eficiências clínicas e gerenciais



Fonte: Elaborada pelos autores.

Quadro 2: Descrição dos quadrantes da matriz de eficiência

#	Eficiência Gerencial	Eficiência Clínica	Descrição	Nota
1	↑	↑	Alta eficiência gerencial e clínica para otimizar os recursos utilizados e maximizar o número de pacientes internados e pacientes recuperados.	Referência de alta eficiência gerencial e clínica.
2	↓	↑	Baixa eficiência gerencial para otimizar os recursos utilizados e maximizar o número de internações. Porém, alta eficiência clínica para tratar os pacientes internados e recuperá-los.	Referência de alta eficiência clínica.
3	↑	↓	Alta eficiência gerencial para otimizar os recursos utilizados e maximizar o número de pacientes internados. Porém, baixa eficiência clínica em tratar pacientes internados e recuperá-los.	Referência de alta eficiência gerencial.
4	↓	↓	Baixa eficiência gerencial e clínica para otimizar os recursos utilizados para maximizar o número de pacientes internados e pacientes recuperados.	Situação crítica. Necessita melhorar as duas eficiências.

Fonte: Elaborado pelos autores

## Apresentação dos dados

Os dados analisados se estendem do dia 25 de fevereiro de 2020, quando o Brasil registrou o primeiro caso oficial de *COVID-19*, até o dia 8 de agosto de 2020, quando o país ultrapassou a marca de 100.000 óbitos notificados causados pela doença. Os dados são originários de três fontes de dados principais: relatório oficial diário do governo federal sobre casos e óbitos de *COVID-19* pelo site Coronavírus Brasil (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020); DataSus com todos os dados públicos sobre saúde disponíveis no Brasil (DATASUS, 2020); e o Portal da Transparência (2020) com a informação sobre os recursos financeiros. As bases de dados foram unificadas a partir da utilização do código de identificação único de cada município, nome do município e estado.

Conforme descrito no Quadro 3, os dados coletados do DataSus (DATASUS, 2020) se referem às variáveis sobre os recursos físicos e humanos dos hospitais dos municípios (como leitos, profissionais de saúde e respiradores), além dos registros referentes aos atendimentos realizados aos pacientes notificados com *COVID-19* (como internações, altas de recuperados e se o paciente era portador de alguma comorbidade). Os dados coletados do Portal da Transparência (2020) se referem aos recursos financeiros direcionados pelo governo federal e recebidos por cada município de janeiro a julho de 2020. Por fim, os dados coletados do site Coronavírus Brasil (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020) se referem à população de cada município, óbitos ocorridos e casos notificados.

Após o tratamento inicial dos dados, integração unificada das bases de dados e a exclusão dos municípios com dados ausentes, restaram-se para análise 1.560 municípios com a representatividade de 151,4 milhões de brasileiros, por tanto, cerca de 72% do total da população de 210,1 milhões do país (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). Conforme apresentado no Quadro 4, o número total de óbitos da amostra é de 83.819, o qual se refere a 83,4% do total de óbitos do período analisado (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). Além disso, a quantidade total de leitos de UTI exclusivos para SRAG no SUS na amostra é de 17.764 e se refere a 86,5% do total deste tipo de leito disponível no país, o que evidencia a abrangência do estudo realizado.

**Quadro 3: Fonte dos dados utilizados neste estudo**

Variáveis	Sigla	Fonte
Quantidade de leitos clínicos para SRAG <sup>1</sup> na pandemia	LTCLI	DATASUS (2020)
Quantidade de leitos de UTI para SRAG na pandemia	LTUTI	DATASUS (2020)
Quantidade de respiradores <sup>2</sup> disponíveis na pandemia	RESPI	DATASUS (2020)
Quantidade de profissionais de saúde no município	PROFI	DATASUS (2020)
Internações de pacientes com COVID-19	INTER	DATASUS (2020)
Pacientes com COVID-19 e com comorbidades internados	CCOMB	DATASUS (2020)
Pacientes com COVID-19 e sem comorbidades internados	SCOMB	DATASUS (2020)
Internações de pacientes com COVID-19 em leitos clínicos	INCLI	DATASUS (2020)
Internações de pacientes com COVID-19 em leitos de UTI	INUTI	DATASUS (2020)
Pacientes internados com COVID-19 que receberam alta	RECUP	DATASUS (2020)
Verba federal de saúde destinada ao município	VERBA	Portal da Transparência (2020)
População	POPUL	Ministério da Saúde (2020)
Quantidade de casos de COVID-19 notificados	CASOS	Ministério da Saúde (2020)
Quantidade de óbitos de COVID-19 notificados	OBITO	Ministério da Saúde (2020)

Fonte: Elaborado pelos autores.

<sup>1</sup> SRAG: Síndrome Respiratória Aguda Grave, grupo de doenças em que se insere *COVID-19* (CAO, 2020).

<sup>2</sup> Equipamento essencial ao tratamento de *COVID-19* em pacientes na UTI (Barbosa *et al.*, 2020).

Quadro 4: Resumo dos dados que compõem a amostra deste estudo

Itens analisados	Amostra	Total do país	Percentual da amostra
Municípios	1.560	5.570	28%
População	151.401.244	210.147.125	72%
Hospitais gerais com atendimentos pelo SUS	2.983	5.359	55,7%
Respiradores existentes no SUS	31.932	60.826	52,5%
Leitos Clínicos exclusivos para SRAG no SUS	40.135	-	-
Leitos de UTI exclusivos para SRAG no SUS	17.764	20.533 <sup>3</sup>	86,5%
Profissionais de saúde no SUS	50.592	87.165	58%
Recursos financeiros de saúde no SUS	~R\$ 52,367 bi	~R\$ 91,8 bi	57%
<b>Total de atendimentos por COVID-19 no SUS</b>	538.072	-	-
Pacientes atendidos com comorbidade	332.144 (61,7%)	-	-
Pacientes atendidos sem comorbidade	205.928 (38,3%)	-	-
<b>Total de internações por COVID-19 no SUS</b>	492.299	-	-
Internações clínicas por COVID-19	345.990 (70,3%)	-	-
Internações em UTI por COVID-19	146.309 (29,7%)	-	-
Internados por COVID-19 e recuperados	243.584 (49,5%)	-	-
<b>Quantidade de casos de COVID-19 notificados</b>	2.298.912	2.988.796	76,9%
<b>Quantidade de óbitos de COVID-19 notificados</b>	83.819	100.543	83,4%

Fonte: Elaborado pelos autores.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO

Ao operacionalizar o modelo para realizar a análise dos dados, identificou-se que os municípios que não possuem leitos de UTI exclusivos para SRAG<sup>1</sup> no SUS apresentaram potencial para influenciar negativamente os resultados ao possuírem esta variável com o valor zerado. Assim, optou-se por seguir a orientação do Cooper *et al.* (2011) para não utilização de *DMUs* com variáveis zeradas em modelos *DEA*. Além disso, observou-se que o objetivo do estudo é avaliar a eficiência no tratamento a *COVID-19* e, assim, considerou-se que municípios sem leitos de UTI exclusivos para SRAG não são comparáveis à municípios que possuem este tipo de leito. Dessa forma, todos os municípios sem leitos de UTI direcionados para SRAG e com variáveis zeradas foram excluídas, o que reduziu o número de municípios analisados para 437, sendo 231 (53%) de grande porte (mais de 100 mil habitantes), 124 (28%) de médio porte (na faixa entre 50 mil e 100 mil habitantes) e 82 (19%) de pequeno porte (até 50 mil habitantes).

A partir da Tabela I, com as eficiências gerencial e clínica dos municípios apresentadas por porte, região e estado, é possível observar que os municípios de pequeno porte se destacam por se apresentarem com médias de eficiência gerencial e clínica maiores do que as dos municípios de grande e médio porte analisados. Observa-se, ainda, que os municípios analisados possuem, na média, melhores índices de eficiência clínica (0,76), do que de eficiência gerencial (0,65). Destaca-se que em todas as regiões há ao menos um município com 100% de eficiência gerencial e ao menos um município com 100% de eficiência clínica. O mesmo pode ser afirmado sobre haver ao menos um município 100% eficiente em cada uma das eficiências avaliadas em cada um dos portes de municípios considerados (grande, médio e pequeno). Ressalta-se, ainda, que das 26 unidades federativas com municípios analisados, 16 UFs (por tanto, 62%) possuem ao menos um município com eficiência gerencial em 100% e que 10 UFs (por tanto, 39%)

<sup>3</sup> Consideram-se os leitos de UTI adulto Tipo II reservados para a SRAG informados no DATASUS (2020).

possuem ao menos um município com eficiência clínica em 100%. Isso evidencia que as elevadas eficiências gerencial e clínica não são influenciadas necessariamente pelo porte do município, pela a região do país, nem pelo estado em que o município se encontra. De forma complementar, ressalta-se que os estados do Acre, Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Rondônia, Roraima e Sergipe, são os únicos sete estados (por tanto, 27% da amostra) que não possuem nenhum município da amostra com eficiência de 100%, nem na avaliação da eficiência clínica, nem na avaliação da eficiência gerencial.

Tabela I: Eficiências gerencial e clínica dos municípios por porte, região e UF

Análise agrupada dos municípios por característica		Municípios da Amostra		Eficiência Gerencial			Eficiência Clínica		
				Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
		Nº	%						
Porte	Grande Porte	231	53%	0,60	1,00	0,10	0,75	1,00	0,04
	Médio Porte	124	28%	0,64	1,00	0,25	0,74	1,00	0,09
	Pequeno Porte	82	19%	0,83	1,00	0,32	0,82	1,00	0,34
Região	Centro-oeste	28	6%	0,64	1,00	0,11	0,84	1,00	0,62
	Nordeste	79	18%	0,54	1,00	0,10	0,62	1,00	0,04
	Norte	24	6%	0,58	1,00	0,10	0,65	1,00	0,18
	Sudeste	213	49%	0,69	1,00	0,13	0,80	1,00	0,04
	Sul	93	21%	0,69	1,00	0,13	0,79	1,00	0,08
Estados (UF)	Acre	2	0,5%	0,19	0,29	0,10	0,46	0,74	0,18
	Alagoas	6	1,4%	0,54	0,83	0,26	0,63	0,77	0,34
	Amazonas	1	0,2%	1,00	1,00	1,00	0,77	0,77	0,77
	Bahia	14	3,2%	0,51	1,00	0,10	0,58	1,00	0,24
	Ceará	10	2,3%	0,66	1,00	0,32	0,60	0,79	0,09
	Distrito Federal	1	0,2%	1,00	1,00	1,00	0,96	0,96	0,96
	Espírito Santo	8	1,8%	0,35	1,00	0,16	0,69	0,91	0,16
	Goiás	8	1,8%	0,65	1,00	0,33	0,78	1,00	0,62
	Maranhão	5	1,1%	0,49	1,00	0,31	0,43	0,88	0,17
	Mato Grosso	8	1,8%	0,53	1,00	0,11	0,78	1,00	0,62
	Mato G. do Sul	14	3,2%	0,61	1,00	0,26	0,88	1,00	0,65
	Minas Gerais	65	14,9%	0,61	1,00	0,22	0,80	1,00	0,20
	Pará	11	2,5%	0,68	1,00	0,30	0,62	0,78	0,30
	Paraíba	5	1,1%	0,59	0,71	0,41	0,64	0,83	0,38
	Paraná	27	6,2%	0,77	1,00	0,27	0,79	1,00	0,08
	Pernambuco	10	2,3%	0,42	0,68	0,15	0,61	0,82	0,05
	Piauí	7	1,6%	0,48	0,70	0,26	0,65	1,00	0,09
	Rio de Janeiro	18	4,1%	0,58	1,00	0,21	0,66	1,00	0,04
	Rio G. do Norte	4	0,9%	0,63	1,00	0,30	0,59	0,80	0,35
	Rio G. do Sul	50	11,4%	0,77	1,00	0,24	0,81	1,00	0,23
	Rondônia	3	0,7%	0,37	0,44	0,26	0,66	0,67	0,63
	Roraima	1	0,2%	0,60	0,60	0,60	0,39	0,39	0,39
	São Paulo	131	30,0%	0,76	1,00	0,13	0,82	1,00	0,21
Santa Catarina	22	5,0%	0,45	1,00	0,13	0,75	0,97	0,47	
Sergipe	2	0,5%	0,32	0,45	0,20	0,33	0,61	0,04	
Tocantins	4	0,9%	0,48	1,00	0,24	0,75	1,00	0,56	
<b>TOTAL</b>		<b>437</b>	<b>437</b>	<b>0,65</b>	<b>1,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,76</b>	<b>1,00</b>	<b>0,04</b>

Fonte: Elaborada pelos autores.

No que se refere à média das eficiências por regiões do país, observa-se que a média da eficiência gerencial dos municípios é bem aproximada por região, em que a de maior média são as regiões Sul e Sudeste (0,69) e a menor é a região Nordeste (0,54). No entanto, na média da eficiência clínica por região

a diferença entre a menor e a maior eficiência é mais acentuada, pois a região Centro-Oeste apresenta a melhor média (0,84), enquanto o Nordeste apresenta a menor média (0,62). O Nordeste apresenta a menor média de eficiência gerencial e clínica.

A Tabela 2 apresenta as eficiências gerencial e clínica dos municípios por faixa de eficiência. É possível observar que, apesar da média da eficiência clínica (0,76) ser maior do que a média da eficiência gerencial (0,65), há uma quantidade maior de municípios com eficiência gerencial em 100% (103 municípios, 24% da amostra), do que municípios com eficiência clínica em 100% (47 municípios, 11% da amostra). Isso evidencia que há uma discrepância maior entre os municípios com maior eficiência gerencial e os demais, do que os municípios com maior eficiência clínica e os demais.

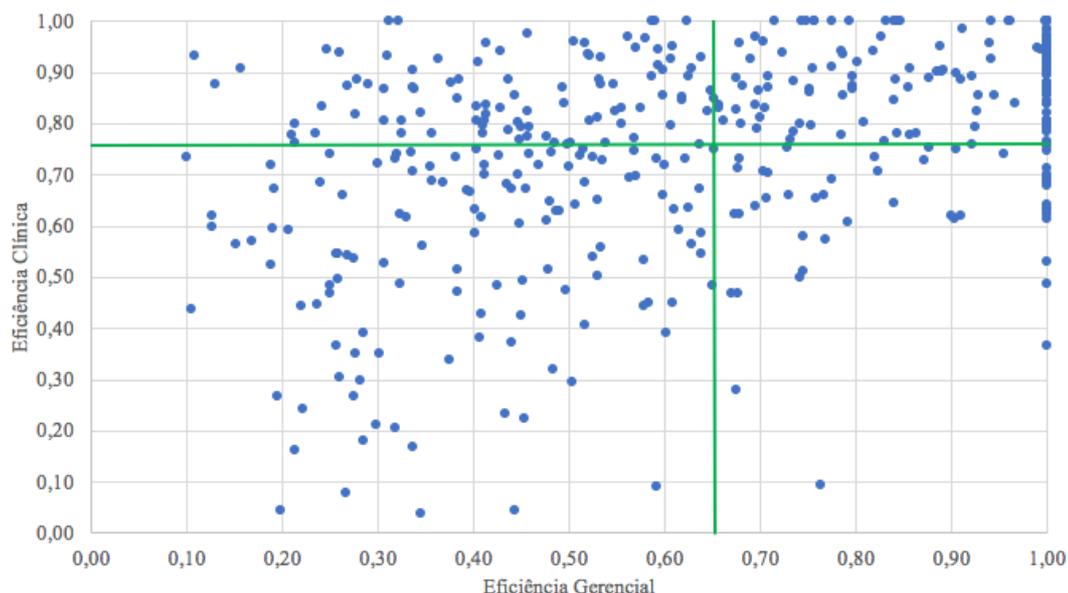
**Tabela 2: Eficiências gerencial e clínica dos municípios por faixa de eficiência**

Análise agrupada dos municípios por faixa de eficiência		Municípios da Amostra		Eficiência Gerencial			Eficiência Clínica		
				Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
		Nº	%						
Eficiência Gerencial	100%	103	24%	1,00	1,00	1,00	0,87	1,00	0,37
	Entre 90-99%	22	5%	0,94	0,99	0,90	0,85	1,00	0,61
	Entre 80-89%	29	7%	0,84	0,89	0,80	0,86	1,00	0,65
	Entre 70-79%	45	10%	0,74	0,79	0,70	0,79	1,00	0,09
	Entre 60-69%	46	11%	0,64	0,69	0,60	0,74	1,00	0,28
	Entre 50-59%	49	11%	0,54	0,59	0,50	0,75	1,00	0,09
	Entre 40-49%	55	13%	0,44	0,49	0,40	0,68	0,98	0,05
	Entre 30-39%	39	9%	0,34	0,39	0,30	0,67	1,00	0,04
	Entre 20-29%	36	8%	0,25	0,29	0,20	0,54	0,95	0,04
	Entre 10-19%	13	3%	0,15	0,19	0,10	0,67	0,93	0,44
	Até 10%	-	-	-	-	-	-	-	-
Eficiência Clínica	100%	47	11%	0,89	1,00	0,31	1,00	1,00	1,00
	Entre 90-99%	77	18%	0,77	1,00	0,11	0,94	0,99	0,90
	Entre 80-89%	106	24%	0,68	1,00	0,13	0,85	0,89	0,80
	Entre 70-79%	76	17%	0,60	1,00	0,10	0,75	0,79	0,70
	Entre 60-69%	54	12%	0,62	1,00	0,13	0,65	0,69	0,60
	Entre 50-59%	27	6%	0,47	1,00	0,15	0,55	0,59	0,50
	Entre 40-49%	20	5%	0,46	1,00	0,10	0,46	0,49	0,41
	Entre 30-39%	13	3%	0,42	1,00	0,26	0,35	0,39	0,30
	Entre 20-29%	8	2%	0,36	0,67	0,20	0,24	0,28	0,20
	Entre 10-19%	3	1%	0,28	0,34	0,21	0,17	0,18	0,16
	Até 10%	6	1%	0,44	0,76	0,20	0,07	0,09	0,04
<b>TOTAL</b>	<b>437</b>	<b>100%</b>	<b>0,65</b>	<b>1,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,76</b>	<b>1,00</b>	<b>0,04</b>	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Observa-se também na Tabela 2 que em todas as faixas de eficiência gerencial há ao menos um município com eficiência clínica igual ou superior à 93%, sendo que em sete das dez faixas de eficiência há ao menos um município com eficiência clínica em 100%. Isso evidencia que, independente da eficiência gerencial, o município pode apresentar uma elevada eficiência clínica. Algo similar se observa na análise por faixa da eficiência clínica, já que, a partir da faixa de 30-39%, em todas as faixas superiores há ao menos um município com eficiência gerencial em 100%. Outro aspecto relevante é que enquanto não há nenhum município com eficiência gerencial abaixo de 10%, seis municípios de seis estados diferentes das regiões Sul, Sudeste e Nordeste possuem eficiência clínica nesta faixa, sendo cinco de grande porte: Caucaia (CE), Umuarama (PR), Garanhuns (PE), Lagarto (SE) Barra Mansa (RJ); e um de médio porte: Picos (PI).

Figura 4: Matriz de avaliação das eficiências gerencial e clínica dos municípios



Fonte: Elaborado pelos autores.

A figura 4 e a Tabela 3 apresentam os resultados da matriz de avaliação das eficiências gerencial e clínica dos municípios analisados. As linhas da figura que delimitam os quadrantes representam a média da eficiência gerencial (0,65) e clínica (0,76). É possível observar que 126 (29%) municípios apresentam eficiência gerencial e clínica classificadas como baixa, por estarem abaixo da média, enquanto 166 (38%) dos municípios apresentam eficiência gerencial e clínica classificadas como alta, por estarem acima da média. Observa-se, também, que 93 (21%) municípios apresentam baixa eficiência gerencial, porém alta eficiência clínica, enquanto 52 (12%) estão na situação oposta, com alta eficiência gerencial e baixa eficiência clínica. Complementa-se que 259 (59%) municípios apresentam eficiência clínica acima da média, enquanto 218 (50%) apresentam eficiência gerencial acima da média. No oposto, observa-se que 178 (41%) municípios apresentam eficiência clínica abaixo da média, enquanto 219 (50%) apresentam eficiência gerencial abaixo da média.

Tabela 3: Eficiências gerencial e clínica dos municípios por quadrante da matriz

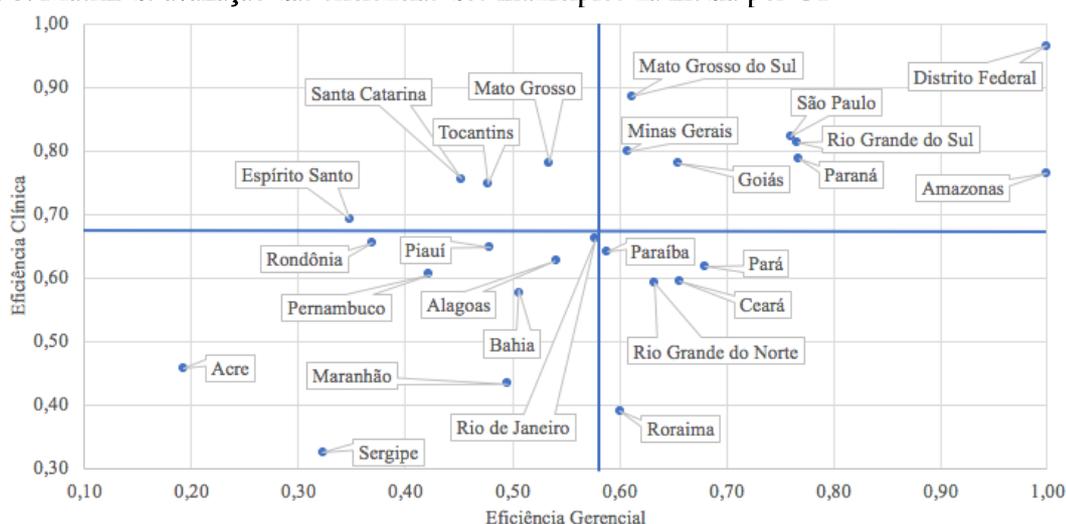
Análise agrupada dos municípios por quadrante		Municípios da Amostra		Eficiência Gerencial			Eficiência Clínica		
Nº	Descrição	Nº	%	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.
1	Alta eficiência gerencial e alta eficiência clínica	166	38%	0,90	1,00	0,65	0,91	1,00	0,76
2	Baixa eficiência gerencial e alta eficiência clínica	93	21%	0,44	0,65	0,11	0,87	1,00	0,76
3	Alta eficiência gerencial e baixa eficiência clínica	52	12%	0,85	1,00	0,65	0,63	0,76	0,09
4	Baixa eficiência gerencial e baixa eficiência clínica	126	29%	0,40	0,65	0,10	0,54	0,76	0,04
<b>TOTAL</b>		<b>437</b>	<b>100%</b>	<b>0,65</b>	<b>1,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,76</b>	<b>1,00</b>	<b>0,04</b>

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Tabela 1 apresenta as médias das eficiências gerencial e clínica de cada estado (UF). A partir destes valores foi gerado a figura 5 e a Tabela 4, que apresentam os resultados da matriz de avaliação da média das eficiências clínica e gerencial dos municípios de cada estado. As linhas da figura que delimitam

os quadrantes representam a média da eficiência gerencial (0,58) e clínica (0,67) dos valores exibidos na figura. É possível observar que, das cinco regiões do Brasil, quatro possuem ao menos um estado com a média de eficiência gerencial e clínica dos municípios acima da média, a única que não possui é a Região Nordeste. Isso ocorre porque a região Nordeste, mesmo possuindo estados cuja eficiência gerencial média dos municípios é acima da média, não possui nenhum estado cuja eficiência clínica média dos municípios seja acima da média.

Figura 5: Matriz de avaliação das eficiências dos municípios na média por UF



Nota: Macapá era a única cidade do Amapá que compunha a amostra inicial por disponibilizar os dados, porém foi retirada do estudo por apresentar variáveis zeradas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4: Eficiências gerencial e clínica dos municípios na média por UF

Análise dos municípios da UF por quadrante		Municípios por UF na Amostra			Eficiência Gerencial			Eficiência Clínica		
N	Descrição	Nº	UFs	%	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.
1	Alta eficiência gerencial e alta eficiência clínica	297	8	31%	0,77	1,00	0,61	0,83	0,96	0,77
2	Baixa eficiência gerencial e alta eficiência clínica	42	4	15%	0,45	0,53	0,35	0,74	0,78	0,69
3	Alta eficiência gerencial e baixa eficiência clínica	31	5	19%	0,63	0,68	0,59	0,57	0,64	0,39
4	Baixa eficiência gerencial e baixa eficiência clínica	67	9	35%	0,43	0,58	0,19	0,55	0,66	0,33
<b>TOTAL</b>		<b>437</b>	<b>26</b>	<b>-</b>	<b>0,58</b>	<b>1,00</b>	<b>0,19</b>	<b>0,67</b>	<b>0,96</b>	<b>0,33</b>

Nota: Macapá era a única cidade do Amapá que compunha a amostra inicial por disponibilizar os dados, porém foi retirada do estudo por apresentar variáveis zeradas.

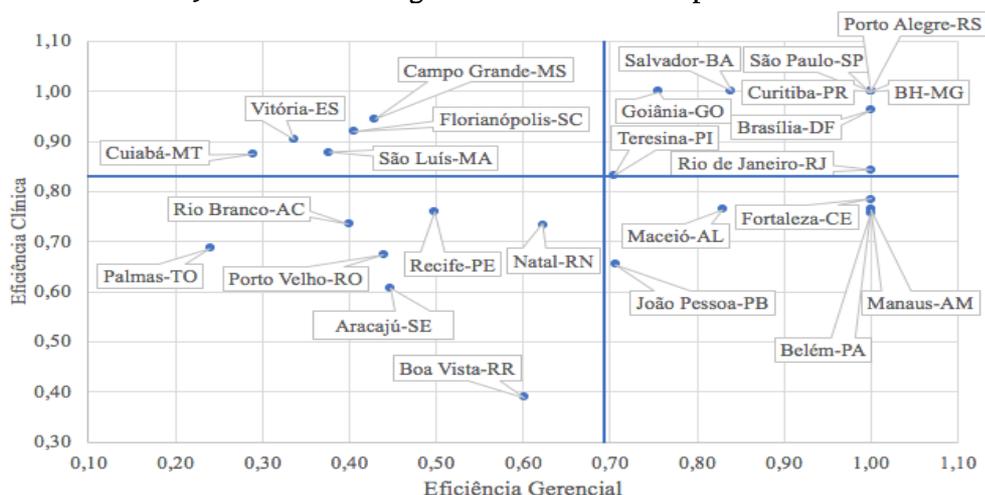
Fonte: Elaborada pelos autores.

A figura 6 e a Tabela 5 apresentam os resultados da matriz de avaliação das eficiências gerencial e clínica de cada capital, a partir dos municípios analisados. As linhas da figura que delimitam os quadrantes representam a média da eficiência gerencial (0,69) e clínica (0,83) dos valores na figura. É possível observar que, das cinco regiões do Brasil, quatro possuem ao menos uma capital com a eficiência gerencial e clínica acima da média, a única que não possui é a região Norte. Isso ocorre porque a região Norte, mesmo possuindo Manaus como uma capital estadual cuja eficiência gerencial é acima da média, não possui nenhuma capital cuja eficiência clínica seja acima da média. Destaca-se que 7 das 26 capitais analisadas (por tanto, 27% da amostra) apresentam situação crítica com baixa eficiência gerencial e clínica.

De forma oposta, 9 das 26 capitais estaduais analisadas (por tanto, 35% da amostra) apresentam alta eficiência clínica e gerencial.

Na análise das eficiências por capital, deve-se destacar o fato de que três capitais – Belém (PA), Fortaleza (CE) e Manaus (AM) – apresentam 100% de eficiência gerencial, porém possuem a eficiência clínica abaixo da média. Além disso, destaca-se que Vitória (ES) e Florianópolis (SC) são as únicas capitais estaduais de suas regiões – Sudeste e Sul, respectivamente – que apesar de possuírem eficiência clínica acima da média como as demais capitais da mesma região, possuem baixa eficiência gerencial.

Figura 6: Matriz de avaliação das eficiências gerencial e clínica das capitais



Nota: Macapá, capital do Amapá foi retirada do estudo por apresentar variáveis zeradas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 5: Eficiências gerencial e clínica das capitais de estado do Brasil

Análise agrupada dos municípios por quadrante		Municípios da Amostra		Eficiência Gerencial			Eficiência Clínica		
N	Descrição	Nº	%	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.
1	Alta eficiência gerencial e alta eficiência clínica	9	35%	0,92	1,00	0,76	0,96	1,00	0,84
2	Baixa eficiência gerencial e alta eficiência clínica	5	19%	0,37	0,43	0,29	0,90	0,94	0,88
3	Alta eficiência gerencial e baixa eficiência clínica	5	19%	0,91	1,00	0,71	0,75	0,79	0,65
4	Baixa eficiência gerencial e baixa eficiência clínica	7	27%	0,50	0,62	0,40	0,65	0,76	0,39
<b>TOTAL</b>		<b>26</b>	<b>100%</b>	<b>0,69</b>	<b>1,00</b>	<b>0,24</b>	<b>0,83</b>	<b>1,00</b>	<b>0,39</b>

Nota: Macapá, capital do Amapá, foi retirada do estudo por apresentar variáveis zeradas.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na comparação entre as eficiências médias gerencial e clínica de cada estado e as eficiências gerencial e clínica de cada capital, deve-se destacar as situações opostas encontradas entre os índices dos estados e suas respectivas capitais de três unidades federativas: Rio de Janeiro, Bahia e Piauí. Nestes três estados, as eficiências das capitais são significativamente superiores que as médias das eficiências dos municípios do estado em que se localizam. Isso é evidenciado pelo fato de que as três capitais – Rio de Janeiro, Salvador e Teresina – dos respectivos estados citados apresentam alta eficiência gerencial e alta eficiência clínica quando comparadas com as demais capitais, enquanto a média das eficiências dos

municípios dos estados em que se localizam – respectivamente, Rio de Janeiro, Bahia e Piauí – apresentam baixas eficiências médias gerencial e clínica dos municípios que os compõem.

## CONCLUSÃO

Este estudo alcançou o objetivo de avaliar a eficiência clínica e gerencial dos hospitais do SUS (Sistema Único de Saúde) no tratamento à *COVID-19* nos municípios brasileiros a partir da data do primeiro caso da doença no país até a data em que foi contabilizado o óbito de número 100.000. A partir da exclusão dos municípios que apresentavam variáveis zeradas, a amostra inicial de 1.560 foi reduzida para 437 municípios de todas as cinco regiões do país e de 26, das 27 unidades federativas do Brasil, o que evidencia a abrangência do estudo e a preservação do rigor metodológico no tratamento dos dados utilizados.

Utilizou-se o método *DEA* em dois estágios, em que os municípios foram utilizados como *DMU* para a avaliação da eficiência gerencial e a eficiência clínica no tratamento à *COVID-19*. A eficiência gerencial foi avaliada no primeiro estágio a partir do uso de seis variáveis de *input* referentes aos recursos físicos, humanos e financeiros disponíveis para a internação de pacientes com *COVID-19* e quatro de *output*, referentes às internações realizadas em pacientes com *COVID-19* com ou sem comorbidades em leitos clínicos e de UTI. A eficiência clínica foi avaliada no segundo estágio a partir do uso de quatro variáveis de *input* (as mesmas quatro utilizadas como *output* no primeiro estágio), referentes às internações realizadas e uma variável de *output*, referente aos pacientes internados que receberam alta.

Os resultados evidenciam que os municípios analisados possuem, na média, melhores índices de eficiência clínica (0,76), do que de eficiência gerencial (0,65), ou seja, a equipe médica dos municípios analisados é, em média, mais eficiente em recuperar os pacientes internados, do que os gestores são eficientes em otimizar os recursos para possibilitar atender ao maior número de internações necessárias, no contexto da *COVID-19*. Observa-se, ainda, que há a possibilidade de municípios com baixa eficiência gerencial alcançarem alta eficiência clínica. Destaca-se que há uma maior parcela de municípios com alta eficiência gerencial e clínica no tratamento a pacientes de *COVID-19* (166, ou seja, 38% da amostra), do que municípios com baixa eficiência gerencial e clínica (126, ou seja, 29% da amostra). Destaca-se, no entanto, que 271 municípios (62% da amostra) possuem oportunidade significativa de melhoria da eficiência gerencial ou clínica para, ao menos, alcançarem a média das eficiências gerencial e clínica dos municípios estudados.

Dentre as contribuições do estudo, destaca-se a proposição e validação empírica neste artigo de um modelo para mensuração das eficiências gerencial e clínica de municípios no contexto da *COVID-19*. Este modelo pode ser utilizado por pesquisadores e diferentes órgãos competentes, como ministérios em âmbito nacional e secretarias em âmbitos estadual e municipal para a avaliação das eficiências gerencial e clínica de municípios em diferentes contextos durante a pandemia de *COVID-19*.

Dentre as limitações do estudo, destaca-se que os resultados são restritos aos dados analisados referentes a 8% (437) dos 5.570 municípios brasileiros no período de 25 de fevereiro de 2020 até 8 de agosto de 2020, por tanto, a generalização do estudo para outros períodos e outros municípios que não compõem a amostra não se faz adequada. Destaca-se, ainda, que a seleção das variáveis de *input* e *output*, por mais que feita com substancial fundamentação teórica, afeta os resultados do modelo.

Para estudos futuros, sugere-se a replicação do modelo em diferentes contextos para análise de municípios brasileiros; a inclusão de novas variáveis de *input* e *output* no modelo; a aplicação do mesmo modelo durante novos períodos a medida que a pandemia avance e continue a afetar a sociedade; o ajuste e aplicação do modelo para avaliação da eficiência dos hospitais como *DMUs*; aplicação do modelo em outros países; avaliação da relação dos resultados de eficiência com variáveis de contexto, como dados socioeconômicos; além da mensuração da relação existente entre as eficiências gerencial e clínica e o número de óbitos por *COVID-19* de cada município.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, M. G. Who cannot work from home? Characterizing occupations facing increased risk during the COVID-19 pandemic using 2018 BLS data. **medRxiv**, 2020.
- BAKER, S. R. et al. The Unprecedented Stock Market Reaction to COVID-19. **The Review of Asset Pricing Studies**, 2020.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. SOME MODELS FOR ESTIMATING TECHNICAL AND SCALE INEFFICIENCIES IN DATA ENVELOPMENT ANALYSIS. **Management Science**, v. 30, n. 9, 1984.
- BARBOSA, F. C.; FUCHIGAMI, H. Y. **Análise Envoltória de Dados: Teoria e aplicações práticas**. 1. ed. Itumbiara: Ulbra, 2018.
- BARBOSA, L. D.; ZANATTA, G.; CAMPIOLO, E. L. O USO DE VENTILADORES NA PANDEMIA DO COVID-19. **Interamerican Journal Of Medicine Health**, 2020.
- BOGETOFT, P.; OTTO, L. **Benchmarking with DEA, SFA, and R**. [s.l: s.n.]. v. 157
- BOTEGA, L.; ANDRADE, M. V.; GUEDES, G. R. Brazilian hospitals' performance: an assessment of the unified health system (SUS). **Health Care Management Science**, v. 23, n. 3, 2020.
- BREITENBACH, M. C.; NGOBENI, V.; AYTE, G. The first 100 days of COVID-19 coronavirus – How efficient did country health systems perform to flatten the curve in the first wave? **MPRA Paper**, p. 25, 2020.
- CAO, X. COVID-19: Imunopatologia e suas implicações para a terapia. **Nature Reviews Immunology**, v. 20, p. 269–270, 2020.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, 1978.
- CHILINGERIAN, J. A.; SHERMAN, H. D. Health-care applications: From hospitals to physicians, from productive efficiency to quality frontiers. In: **International Series in Operations Research and Management Science**. [s.l: s.n.]. v. 164.
- COELLI, T. J. et al. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. [s.l: s.n.].
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. Handbook on Data Envelopment Analysis. **Chapter I: Data Envelopment Analysis**, 2011.
- CUCINOTTA, D.; VANELLI, M. **WHO declares COVID-19 a pandemic** *Acta Biomedica*, 2020.
- DATASUS. **DATASUS**. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>>. Acesso em: 24 ago. 2020.
- DE SOUZA, A. A. et al. Data envelopment analysis of efficiency in hospital organisations. **International Journal of Business Innovation and Research**, v. 8, n. 3, 2014a.
- DE SOUZA, A. A. et al. Data envelopment analysis of efficiency in hospital organisations. **International Journal of Business Innovation and Research**, v. 8, n. 3, p. 316–332, 2014b.

DELELLIS, N. O.; OZCAN, Y. A. Quality outcomes among efficient and inefficient nursing homes: A national study. **Health Care Management Review**, v. 38, n. 2, 2013.

EMROUZNEJAD, A.; YANG, G. LIANG. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 61, 2018.

ESTELLITA LINS, M. P.; NETTO, S. O. A.; DE CASTRO LOBO, M. S. Multimethodology applied to the evaluation of Healthcare in Brazilian municipalities. **Health Care Management Science**, v. 22, n. 2, 2019.

FAUCI, A. S.; LANE, H. C.; REDFIELD, R. R. Covid-19 — Navigating the Uncharted. **The New England Journal Of Medicine**, 2020.

FIALLOS, J. et al. Using data envelopment analysis for assessing the performance of pediatric emergency department physicians. **Health Care Management Science**, v. 20, n. 1, 2017.

FRARE, A. B.; BEUREN, I. M. **Insegurança e engajamento no trabalho durante a pandemia de Covid-19: Compartilhamento e credibilidade da informação na maior startup brasileira**. XX USP International Conference in Accounting. **Anais...**<https://congressosp.fipecafi.org/anais/Anais2020/ArtigosDownload/3038.pdf>, 2020

GHAZEMI, A.; BOROUMAND, Y.; SHIRAZI, M. How do governments perform in facing COVID-19? **MPRA Paper**, v. 99844, p. 36, 2020.

JACOBS, R. Alternative methods to examine hospital efficiency: Data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. **Health Care Management Science**, v. 4, n. 2, 2001.

JOHNS HOPKINS UNIVERSITY. **COVID-19 Map - Johns Hopkins Coronavirus Resource Center**.

KOHL, S. et al. The use of Data Envelopment Analysis (DEA) in healthcare with a focus on hospitals. **Health Care Management Science**, v. 22, n. 2, 2018.

KUCKERTZ, A. et al. Startups in times of crisis – A rapid response to the COVID-19 pandemic. **Journal of Business Venturing Insights**, 2020.

KUWAHARA, Y. et al. Measuring the efficiencies of visiting nurse service agencies using data envelopment analysis. **Health Care Management Science**, v. 16, n. 3, 2013.

MARIANO, E. B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. **Peculiaridades da Análise por Envoltória de Dados**. XII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 a novembro de 2006 . **Anais...**Bauru: SIMPEP, 2006

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Coronavírus Brasil**. Disponível em: <<https://covid.saude.gov.br/>>. Acesso em: 19 ago. 2020.

MIRANDA LOPES, A. L.; LORENZETT, J. R.; PEREIRA, M. F. Data Envelopment Analysis (DEA) como ferramenta para a avaliação do desempenho da gestão estratégica. **Revista Universo Contabil**, v. 7, n. 3, 2011.

NATHANSON, B. H. et al. **An exploratory study using data envelopment analysis to assess neurotrauma patients in the intensive care unit****Health Care Management Science**, 2003.

OMS. **Dashboard com a situação da COVID-19 nos países.** Disponível em: <<https://covid19.who.int/table>>. Acesso em: 9 ago. 2020.

PORTAL DA TRANSPARÊNCIA. **Portal da Transparência.** Disponível em: <<http://www.portaltransparencia.gov.br/>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

SEDDIGHI, H.; NEJAD, F. N.; BASAKHA, M. Health systems efficiency in Eastern Mediterranean Region: a data envelopment analysis. **Cost Effectiveness and Resource Allocation**, v. 18, 2020.

SHIROUYEHZAD, H.; JOUZDANI, J.; KHODADADI-KARIMVAND, M. Fight Against COVID-19: A Global Efficiency Evaluation based on Contagion Control and Medical Treatment. **Journal of Applied Research on Industrial Engineering**, v. 7, n. 2, p. 109–120, 2020.

SIDDHARTHAN, K.; AHERN, M.; ROSENMAN, R. Data Envelopment Analysis to determine efficiencies of health maintenance organizations. **Health Care Management Science**, v. 3, n. 1, 2000.

VERMA, S.; GUSTAFSSON, A. Investigating the emerging COVID-19 research trends in the field of business and management: A bibliometric analysis approach. **Journal of Business Research**, v. 118, 2020.

VILELA, B. DE A. **EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY CHANGE OF THE ELECTRICITY SECTOR IN BRAZIL: CONTRIBUTIONS TO REGULATION THEORY.** [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

WANG, Y. et al. Marketing innovations during a global crisis: A study of China firms' response to COVID-19. **Journal of Business Research**, v. 116, p. 214–220, 2020.

ZAMPIERI, F. G.; SOARES, M.; SALLUH, J. I. F. Avaliação do desempenho de unidades de terapia intensiva durante a pandemia da COVID-19. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 32, n. 2, p. 203–206, 2020.

ZARE, H. et al. A hybrid data envelopment analysis and game theory model for performance measurement in healthcare. **Health Care Management Science**, v. 22, n. 3, 2019.