

**David Horta Sousa**

**Avaliação da Eficiência do Controlo do Contágio e do Tratamento Médico à  
COVID-19 em países da OCDE utilizando a Análise Envoltória de Dados**



Universidade do Algarve

Faculdade de Economia

2021

**David Horta Sousa**

**Avaliação da Eficiência do Controlo do Contágio e do Tratamento Médico à  
COVID-19 em países da OCDE utilizando a Análise Envoltória de Dados**

Mestrado em Gestão

Dissertação feita sob a supervisão de: Professora Doutora Ana Isabel Rita Martins



Universidade do Algarve

Faculdade de Economia

2021

**Avaliação da Eficiência do Controlo do Contágio e do Tratamento Médico à  
COVID-19 em países da OCDE utilizando a Análise Envoltória de Dados**

**Declaração de Autoria do Trabalho**

Declaro ser o autor desta obra, que é única e inédita. Os autores e trabalhos consultados são devidamente citados no texto e incluídos na lista de referências.

David Horta Sousa

.....

(Assinatura)

## Copyright

© **Copyright:** David Horta Sousa.

A Universidade do Algarve reserva-se no direito de, em concordância com as disposições do Copyright português e o código de direitos relacionados, arquivar, reproduzir e divulgar esta obra, independentemente do meio utilizado, bem como divulgá-la em arquivos científicos e permitir a sua cópia e distribuição com fins meramente didáticos ou de investigação e não comerciais, desde que os créditos sejam atribuídos ao respetivo autor e editor.

***Dedicatória***

*A todos os que lutaram contra a pandemia...*

## **Agradecimentos**

A dissertação de mestrado decorre de uma experiência única e reúne contributos de várias pessoas. Como tal, agradeço a disponibilidade, orientação e colaboração demonstrados por todos os colaboradores, nomeadamente:

À Faculdade de Economia da Universidade do Algarve pela oportunidade e incentivo para progredir na minha carreira, bem como a todos os colegas que animaram os momentos mais críticos, com palavras amigas de apoio, motivação e sugestões;

À Professora Doutora Ana Martins, minha orientadora, por me ter concedido a autorização para a realização deste estudo e um agradecimento especial pelo seu apoio, incentivo, partilha do saber, disponibilidade e contributo imprescindível;

Aos meus pais e ao meu irmão pela paciência, apoio, amizade, momentos de partilha, incentivo e desabafos no decorrer deste estudo;

A todos os meus amigos que foram capazes de compreender a pouca disponibilidade que por vezes manifestei e por ouvirem as minhas lamúrias. Obrigado, também, pelos momentos animados que me proporcionaram, também eles imprescindíveis na execução deste estudo.

## Resumo

Atualmente, a doença causada pelo novo coronavírus (COVID-19) é um dos problemas de saúde mais significativos em todo o mundo. A Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization - WHO*) declarou o evento uma emergência de saúde pública global no final de janeiro de 2020 e, em seguida, declarou-o uma pandemia global em março de 2020. A impressionante e rápida disseminação do vírus não tem precedentes e superou todas as expectativas. Com quase todos os países do mundo sendo infetados, o desafio de conter o vírus torna-se cada vez mais sério. O objetivo principal deste artigo é explorar o potencial do uso da Análise Envolvória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*) para estabelecer comparações internacionais sobre a eficiência da implementação de programas no combate à pandemia COVID-19, permitindo desta forma identificar um conjunto de boas práticas.

Para fazer isso, usou-se dados de 18 países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) para a avaliação de eficiência do controlo do contágio e do tratamento médico, modelo A e B, respetivamente. Os resultados indicam que há uma variação notável na eficiência, sugerindo que um melhor uso dos recursos poderia evitar a disseminação do vírus e a mortalidade elevada.

Como países eficientes obteve-se a Eslovénia e Letónia para ambos os modelos. Como menos eficientes obteve-se a Dinamarca, Islândia e Suíça no controlo de contágio, e a Alemanha, Áustria e Suíça no tratamento médico. Estes resultados também demonstram o potencial papel estratégico da metodologia DEA para o planeamento eficiente e eficaz de recursos escassos para o combate à pandemia.

**Palavras-chave:** Avaliação da Eficiência, Controlo do Contágio, COVID-19, DEA, OCDE, Tratamento Médico.

## **Abstract**

Currently, the disease caused by the new coronavirus (COVID-19) is one of the most significant health problems worldwide. The World Health Organization (WHO) declared the event a global public health emergency in late January 2020 and then declared it a global pandemic in March 2020. The impressive and rapid spread of the virus is unprecedented and surpassed all expectations. With nearly every country in the world is infected, the challenge of containing the virus becomes increasingly serious. The main objective of this article is to explore the potential of using Data Envelopment Analysis (DEA) to establish international comparisons on the efficiency of implementing programs to fight the COVID-19 pandemic, thus allowing to identify a set of good practices.

To do this, data from 18 countries belonging to the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) were used to assess the efficiency of infection control and medical treatment, model A and B, respectively. The results indicate that there is a notable variation in efficiency, suggesting that better use of resources could prevent the spread of the virus and high mortality.

The efficient countries are Slovenia and Latvia for both models. Less efficient countries were Denmark, Iceland, and Switzerland in the control of infection, and Germany, Austria, and Switzerland in the medical treatment. These results also demonstrate the potential strategic role of the DEA methodology for the efficient and effective planning of scarce resources to fight the pandemic.

**Keywords:** Efficiency Assessment, Infection control, COVID-19, DEA, OECD, Medical Treatment.

## ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABELAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Definição do tema.....	1
1.2. Relevância do tema.....	7
1.3. Objetivos.....	12
1.4. Limites da pesquisa .....	12
1.5. Organização do estudo.....	14
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1. Metodologia DEA.....	15
2.2. Metodologia DEA aplicada ao Setor da Saúde .....	20
3. METODOLOGIA .....	27
3.1. Caracterização da amostra .....	27
3.2. Modelos e variáveis incluídas no estudo .....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4.1. Modelo A - Controlo do Contágio.....	39
4.2. Modelo B - Tratamento Médico .....	44
4.3. Discussão dos principais resultados .....	48
5. CONCLUSÃO .....	64
5.1. Sumário.....	64
5.2. Perspetivas para pesquisas futuras.....	66
BIBLIOGRAFIA .....	68
ANEXO A: Definição de Caso .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1.1 Casos Confirmados de COVID-19 (acumulativo).....	11

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
2.1 Fórmula matemática dos modelos CRS ( <i>Constant Returns to Scale</i> ) e VRS ( <i>Variable Returns to Scale</i> ).....	15
3.1 Regras a aplicar na dimensão da amostra.....	27
3.2 Amostra final com a indicação dos países e critérios de exclusão.....	28
3.3 Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nos modelos DEA.....	29
3.4 Variáveis selecionadas para integrar os modelos DEA.....	31
3.5 Correlação das variáveis do modelo A.....	33
3.6 Correlação das variáveis do modelo B.....	35
4.1 Níveis de eficiência padrão do Modelo A - Controlo do Contágio.....	39
4.2 Pares e lambdas de alguns países (modelo A).....	40
4.3 Metas para atingir a eficiência do controlo do contágio.....	42
4.4 Níveis de eficiência invertida e composta do Modelo A - Controlo do Contágio.....	43
4.5 Níveis de eficiência padrão do Modelo B – Tratamento Médico.....	44
4.6 Pares e lambdas de alguns países (modelo B) .....	45
4.7 Metas para atingir a eficiência do tratamento médico.....	46
4.8 Níveis de eficiência invertida e composta do Modelo B – Tratamento Médico.....	47
4.9 Estatística descritiva para as variáveis: número de testes, casos e mortes.....	49
4.10 Taxa e relação inversa do número de casos e mortes.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS

COVID-19	Doença por Coronavírus
CRS	<i>Constant Returns to Scale</i>
CSSE	<i>Center for Systems Science and Engineering</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DGS	Direção Geral de Saúde
DMU	<i>Decision Making Units</i>
EGH	<i>Exemplars in Global Health</i>
EMS	<i>Efficiency Measurement System</i>
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
GDR	Grupos de Diagnóstico Relacionado
GNP	<i>Gross National Product</i>
G7	Grupos dos 7 Países mais Industrializados do Mundo
HIV	<i>Human Immunodeficiency Virus</i>
H1N1	<i>Influenza A</i> subtipo H1N1
IDEA	<i>Inverted DEA</i>
INF	Intervenções Não Farmacêuticas
ISYDS	<i>Integrated System for Decision Support</i>
MERS-CoV	<i>Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus</i>
NAAT	<i>Nucleic Acid Amplification Test</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PCR	<i>Polymerase Chain Reaction</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PTE	<i>Pure Technical Efficiency</i>
SARS-CoV	<i>Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus</i>
SE	<i>Scale Efficiency</i>
SHC	<i>Social Hygiene Clinics</i>
TE	<i>Technical Efficiency</i>
USA	<i>United States of America</i>
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Definição do tema

O mundo testemunhou várias doenças emergentes que se espalharam por diferentes países. Segundo a Direção Geral de Saúde (DGS), a Síndrome Respiratória Aguda Grave (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus* - SARS-CoV) originou uma epidemia em 2002-2003 e a Síndrome Respiratória do Médio Oriente (*Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus* - MERS-CoV) apareceu em 2012, causando casos esporádicos de infeção humana ou pequenos clusters de casos de doenças respiratórias. Atualmente, um novo coronavírus SARS-CoV-2 foi descoberto na China, cidade de Wuhan, em dezembro de 2019. A doença causada pelo novo coronavírus é designada de COVID-19.

Os coronavírus pertencem à família *Coronaviridae* que inclui vírus que podem causar infeção no Homem, noutros mamíferos e aves. Até agora, sabemos que oito tipos de coronavírus podem infetar e causar doenças em humanos. Normalmente, estas infeções afetam o sistema respiratório e podem assemelhar-se às constipações comuns ou progredir para doenças mais graves, como a pneumonia (DGS, 2021).

Dos coronavírus que infetam humanos, o SARS-CoV, o MERS-CoV e o SARS-CoV-2 saltaram a barreira das espécies, ou seja, estes vírus foram transmitidos ao Homem a partir de um animal reservatório ou hospedeiro destes vírus (DGS, 2021).

Presume-se que o SARS-CoV-2 foi introduzido em humanos por transmissão zoonótica, ou seja, de espécies animais. Vírus muito semelhantes foram encontrados em morcegos e pangolins, mas não está claro se estes animais estão envolvidos no surgimento do SARS-CoV-2 humano (DGS, 2021).

O COVID-19 é transmitido de pessoa a pessoa através do contato próximo com pessoas infetadas com SARS-CoV-2 (transmissão direta) ou através do contato com

superfícies e objetos contaminados (transmissão indireta). A transmissão por contato próximo ocorre principalmente por meio de gotículas contendo partículas virais. Estas gotículas são libertadas pelo nariz ou pela boca da pessoa infetada quando esta tosse ou espirra, e podem atingir diretamente a boca, o nariz e os olhos das pessoas próximas. As gotículas que permanecem sobre os objetos ou superfícies ao redor de uma pessoa infetada, causam infecção quando outras pessoas tocarem nestes objetos ou superfícies com as mãos e, em seguida, tocarem nos olhos, nariz ou boca. Atualmente, estima-se que o período de incubação da doença seja de 1 a 14 dias, o que dificulta o controle da propagação (DGS, 2021). Todas estas circunstâncias favoreceram o crescimento exponencial da infecção.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization - WHO*), uma pandemia tem início quando as três condições seguintes são atendidas: novas doenças aparecem na população; o patógeno infecta humanos e causa doenças graves; o agente dissemina-se facilmente entre os humanos.

O surto de COVID-19 representa o evento mais crítico do mundo. A WHO declarou o evento uma emergência de saúde pública global no final de janeiro de 2020 e, em seguida, declarou-o uma pandemia global em março de 2020. A impressionante e rápida disseminação do vírus não tem precedentes e superou todas as expectativas. Com quase todos os países do mundo sendo infetados, o desafio de conter o vírus tornou-se cada vez mais sério (World Health Organization, 2021).

Em poucos meses, a COVID-19 surgiu em todos os continentes. A situação global no dia 15 de fevereiro de 2021 é de 108.484.802 casos confirmados e 2.394.323 mortes (World Health Organization, 2021).

Os vírus não respeitam fronteiras. Mesmo a pandemia da gripe espanhola de 1918 atingiu ilhas remotas em poucos meses, muito antes da globalização das viagens aéreas. Portanto, é necessário fazer, à escala mundial, progressos contra o vírus para evitar uma situação em que os países necessitam de se isolar do resto do mundo ou sofram surtos recorrentes de COVID-19 (World Health Organization, 2021).

A humanidade já erradicou doenças infecciosas, mas apenas por duas vezes: a peste bovina em 2011, uma doença que infetava principalmente o gado, e a varíola em 1980. A varíola foi erradicada graças às campanhas globais de vacinação, tornando-se numa das maiores histórias de sucesso da humanidade, onde foram salvas mais de 100 milhões de vidas (World Health Organization, 2021).

A diferença entre a COVID-19 e outras epidemias é o bloqueio generalizado das economias em todo o mundo. Noutras epidemias tornou-se claro que as regiões que agiram mais cedo com as intervenções não farmacêuticas (INF), promoveram reduções significativas no pico de mortalidade e, conseqüentemente, reduções moderadas na mortalidade cumulativa (Breitenbach *et al.*, 2020).

Ritchie *et al.* (2020a) argumentam que apenas uma luta unida contra a pandemia permitiria acabar com a doença em todos os países. Visto que, o mundo inteiro tem o mesmo objetivo que é a redução de casos de COVID-19.

A COVID-19 colocou o mundo à prova em termos de liderança política, sistemas nacionais de saúde, serviços de assistência social e solidariedade. Diante deste desafio, existe a possibilidade de aumentar as desigualdades sociais e de saúde. As estratégias fundamentais para combater uma pandemia são a mitigação e a supressão. A mitigação pretende desacelerar, mas não interromper na totalidade a sua propagação, ou seja, reduzir a procura de saúde, protegendo aqueles com maior risco de doenças graves. A supressão visa parar o crescimento da pandemia, reduzindo o número de casos positivos a níveis baixos e por um período indefinido (Kavaliunas *et al.*, 2020).

Embora alguns países tenham fracassado na sua resposta à pandemia, outros enfrentaram o desafio com muito mais sucesso, limitando o impacto direto e indireto da pandemia. Os países que responderam com mais sucesso conseguiram evitar a escolha entre uma alta mortalidade e um alto impacto socioeconómico da pandemia. Neste momento, a coisa mais importante a reter é que é possível combater a pandemia (Ritchie *et al.*, 2020a).

A ligação entre a propagação de uma pandemia e as interações com as decisões económicas é explorada em alguns estudos. Segundo Eichenbaum, Rebelo e Trabandt (2020), quanto mais as pessoas se afastam da atividade económica, maior a velocidade com que a pandemia termina.

Capano *et al.* (2020) alega que uma pandemia é um problema político de difícil gestão. Inicialmente as intervenções eram inadequadas devido ao escasso conhecimento sobre a natureza do vírus, virulência e disseminação. O panorama é muito diferente de outras crises, como aquelas originadas por inundações ou terremotos, onde as causas são explícitas, o problema central é óbvio e as soluções e respostas de emergência, do ponto de vista político não deixam margem para incertezas.

Contudo, é importante referir que os governos tiveram que agir sem conhecimento prévio na rápida disseminação da doença. Primitivamente, com o aparecimento de uma nova pandemia, a base de conhecimento necessária para projetar intervenções era incerta. Após vários meses de estudo intensivo e experiência combatendo a COVID-19, é que os conhecimentos sobre os principais parâmetros do vírus foram conhecidos com algum grau de certeza. Nestes parâmetros enquadram-se a transmissão, sintomas, período-janela, capacidade de recuperação e segmentos da população mais vulneráveis. Apesar das descobertas obtidas até à data, ainda existe muitas questões que necessitam de uma resposta (Capano *et al.*, 2020).

Um tratamento eficaz ou intervenções farmacêuticas preventivas ainda permanecem distantes após 1 ano de experiência com a COVID-19. Por essa razão, as INF implantadas por autoridades de saúde pública se replicaram rapidamente. Como INF possui-se bloqueios, medidas de isolamento de várias intensidades e modelos, distanciamento social ou físico, medidas de testagem, políticas económicas para ajudar a compensar o impacto económico e social da pandemia.

Os aspetos relacionados à política da COVID-19 envolvem os efeitos da doença e da crise no impacto emocional e na saúde mental das populações; a natureza da adesão do cidadão às medidas de saúde pública e outras condutas sociais que permitiram que

algumas medidas preventivas fossem ou não eficazes; a natureza e o impacto do partidarismo nas reações do governo; o papel da liderança pública; como as organizações da sociedade civil reagiram ao desdobramento da pandemia (Capano *et al.*, 2020).

A resposta à pandemia não ocorreu ao mesmo tempo, forma ou rigor. Uns países adquiriram regulamentos obrigatórios, enquanto outros apenas recomendações. A crise da pandemia envolve muitos tipos de incerteza, questões em torno do imediatismo, limitações de dados, falta de consenso entre os especialistas e variações na especialização, a possibilidade de reações excessivas e insuficientes e diferentes níveis de confiança no governo, apoio político, entre outros.

Além das implicações na saúde, sociedade e economia, a pandemia assume a forma de uma crise marcada pela junção de governos. A situação atual envolve desafios em todas as áreas das políticas. O sucesso das medidas adotadas no combate à pandemia, não depende apenas da efetividade das medidas nestes diferentes campos, também é essencial que seja estabelecida uma orientação governamental eficaz.

A percepção dos governos nas mudanças atuais, o planejamento e aplicação dos seus planos, tudo será assunto de interesse. O nível de rigor com que foram implementados os seus planos influenciou o desempenho de cada país no combate à COVID-19. Além disso, o estudo dos diferentes desempenhos será uma boa ferramenta de comparação. Desta forma, os países podem aprender uns com os outros evitando a repetição dos erros cometidos pelos diferentes países (Ghasemi *et al.* 2020).

Os sistemas de saúde dos diversos países têm um limite para a quantidade de pacientes que podem receber a terapêutica adequada. Se a disseminação do vírus não pode ser contida, a incapacidade dos sistemas de saúde será um problema.

Segundo Breitenbach *et al.* (2020) existem evidências suficientes que a rapidez e a eficácia com que os governos atuam perante a pandemia, determinará o resultado no mundo. O potencial dos sistemas de saúde significaria muito pouco se a disseminação não fosse contida o mais rápido possível.

Os sistemas de saúde visam manter, restaurar e melhorar a saúde da população. Portanto, é crucial avaliar a eficiência em relação aos recursos de saúde consumidos. O aumento da procura por cuidados de saúde, gastos crescentes e orçamentos decrescentes obrigam a uma pesquisa pelas prioridades (Pelone *et al.* 2015).

Os sistemas de saúde são diferentes entre países, em termos de infraestruturas, número de pacientes, financiamento e governo, mas atualmente enfrentam desafios e objetivos comuns. Avaliar e comparar o desempenho de vários sistemas de saúde, fornece uma oportunidade para os formuladores de políticas determinarem o desempenho de um determinado sistema de saúde em relação aos seus pares internacionais, entender como funciona a fim de identificar boas e más práticas e, finalmente, encontrar abordagens mais eficazes para alcançar a sustentabilidade e melhor qualidade (Nolte, Wait & McKee, 2006).

Todos os dias novos dados e novas análises são publicados para um melhor entendimento da pandemia. Contudo, os *media* cobrem mais os dados associados à contenção da propagação da COVID-19 para traçar as designadas *epi-curve*, na expectativa que a curva diminua para que os bloqueios economicamente assoladores tenham um termino à vista (Breitenbach *et al.*, 2020).

Constantemente, as medidas implementadas e os seus resultados são comparados. Uma questão a ser respondida na literatura é se os recursos usados na diminuição da *epi-curve* são usados de forma eficiente. Este estudo procura preencher esta lacuna na literatura, utilizando o software Sistema de Medição de Eficiência (*Efficiency Measurement System* - EMS) que permite a avaliação da eficiência dos diversos sistemas de saúde. A sua realização é possível através da análise de dados relacionados com os recursos e resultados alcançados nos primeiros 100 dias da pandemia, após o primeiro caso confirmado. Neste estudo, aplicamos um método não paramétrico designado de Análise Envolvória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) para analisar a eficiência no controlo do contágio e no tratamento médico em 18 países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE).

Embora existam várias técnicas alternativas disponíveis para realizar análises de eficiência em saúde, um uso predominante da metodologia DEA com foco em hospitais, lares de idosos e médicos foi destacado por várias revisões na medição de eficiência de fronteira em saúde (Pelone *et al.*, 2015).

A metodologia DEA é uma ferramenta atraente para a medição da eficiência, porque pode lidar com a existência de vários recursos (*inputs*) e vários resultados de saúde (*outputs*) no processo de transformação. Além disso, não exige suposições sólidas sobre a tecnologia subjacente que liga os recursos aos produtos e mede a eficiência em termos relativos (Pelone *et al.*, 2015).

## **1.2. Relevância do tema**

A pandemia afetou inúmeros países, no qual se consegue identificar três formas distintas do impacto na população. Uns países não conseguiram conter a pandemia e o número de mortos continua a aumentar rapidamente. Outros países sofreram grandes surtos, mas conseguiram diminuir o número de mortes. Alguns países tiveram surtos rápidos, mas foram capazes de reduzir o número de mortes rapidamente, ou seja, foram capazes de prevenir grandes surtos. Embora alguns comentários sobre a pandemia tenham a premissa de que todos os países não responderam bem à pandemia, notam-se grandes diferenças entre eles (Ritchie *et al.*, 2020a).

Os países que mantiveram a taxa de infecção num nível baixo conseguiram evitar um aumento acentuado da pandemia, permitindo que o número de pessoas doentes ainda esteja dentro da capacidade do sistema de saúde.

Além de doenças e óbitos, a COVID-19 também tem um impacto indireto nos países. Quando um país tem um surto rápido da doença, ele só pode responder com uma das duas opções indesejáveis. Deixar a pandemia sem controlo em que uma grande parte da população ficará doente e morrerá ou aplicar medidas de confinamento que acarretam

o aumento das taxas de desemprego e de pobreza, menor produção e uma maior mortalidade por outras causas (Ritchie *et al.*, 2020a).

Além disso, apesar da grande perturbação que o vírus provocou, as medidas preventivas causaram ainda mais desordem a nível económico. Governos em todo o mundo têm contado com medidas preventivas que visam reduzir o número de pessoas expostas ao vírus. Embora algumas destas medidas imponham um custo pessoal ou económico relativamente pequeno, o fracasso de tais medidas para conter a rápida disseminação mundial do vírus exigiu a obrigatoriedade de permanência na residência, com impactos significativos na economia global (Balmford *et al.* 2020).

Portanto, tal como em pandemias e crises financeiras anteriores, o vírus e a queda económica estão a afetar desproporcionalmente pessoas de grupos desfavorecidos e famílias com baixo rendimento. As pessoas inseridas nestas classes sociais têm menos probabilidade de conseguir trabalhar em casa, e enfrentam, portanto, choques negativos maiores, assim como os países mais pobres provavelmente sofrerão mais do que as nações mais ricas. Uma medida importante para prevenir a propagação tem sido a modificação temporária do auxílio-doença, retirando o impacto financeiro sobre a empresa e/ou o funcionário (Balmford *et al.*, 2020).

Após os bloqueios serem instituídos, os padrões de viagem mudaram, oferecendo a esperança de que a propagação da doença pudesse ser reduzida. Em contrapartida, os bloqueios também levaram a mudanças mais problemáticas. Muitos trabalhadores com baixos rendimentos fugiram das cidades para retornar às suas aldeias. Apesar das tentativas de colocar os doentes em quarentena, esta migração em massa pode ter causado uma maior propagação do vírus. Noutras regiões, as fronteiras impediram qualquer tentativa do potencial movimento das pessoas e da sua infeção (Hazen, 2020).

Trabalhadores com rendimentos elevados têm fugido das grandes cidades para evitar infeções passando o seu tempo em casas de férias. Críticas foram geradas, já que os moradores de destinos de férias argumentam que os moradores urbanos ricos estão a

trazer a infecção para as suas cidades e vilas, bem como fornecer competição por camas hospitalares e outros recursos escassos em áreas rurais (Hazen, 2020).

Apesar de inicialmente ter sido recomendado o encerramento das escolas municipais de educação de adultos e profissionalização de adultos, escolas de ensino médio e universidades, a decisão foi manter as pré-escolas e escolas de ensino fundamental abertas com o objetivo de manter os profissionais de saúde disponíveis, se a situação atual assim o permitisse.

O problema dos surtos rápidos é a facilidade com que muitas pessoas ficam infectadas na mesma área ao mesmo tempo. Um médico pode ajudar 1.000 pacientes um após o outro, mas não pode ajudar 1.000 pacientes quando todos estão infectados ao mesmo tempo. Um grande número de pessoas doentes durante uma pandemia excede a capacidade do sistema de saúde. Quando isso acontece, muitos morrem sem tratamento (Ritchie *et al.*, 2020a).

Outro problema que advém são os profissionais de saúde estarem suscetíveis à infecção, o que também contribuirá para uma diminuição da capacidade dos sistemas de saúde quando é mais necessária. Infelizmente, isso aconteceu várias vezes durante a pandemia, ou seja, a necessidade de saúde excedeu, em diversos momentos, as capacidades que o sistema podia fornecer.

Durante estes períodos, todos os pacientes, incluindo pacientes não COVID-19, podem ter um risco muito maior do que o normal. Pacientes com doenças cancerígenas ou cardiovasculares (doenças comuns) podem não ter acesso aos seus cuidados regulares. Outros utentes podem adiar consultas com os médicos com receio de contraírem infecção pela COVID-19 e, portanto, perderem o diagnóstico. Em certos casos, um diagnóstico tardio provoca sequelas graves ou até morte (Ritchie *et al.*, 2020a).

Contudo, as intervenções para prevenir a COVID-19 também suprimiram outras mortes, exemplo são as mortes por influenza (Balmford *et al.*, 2020).

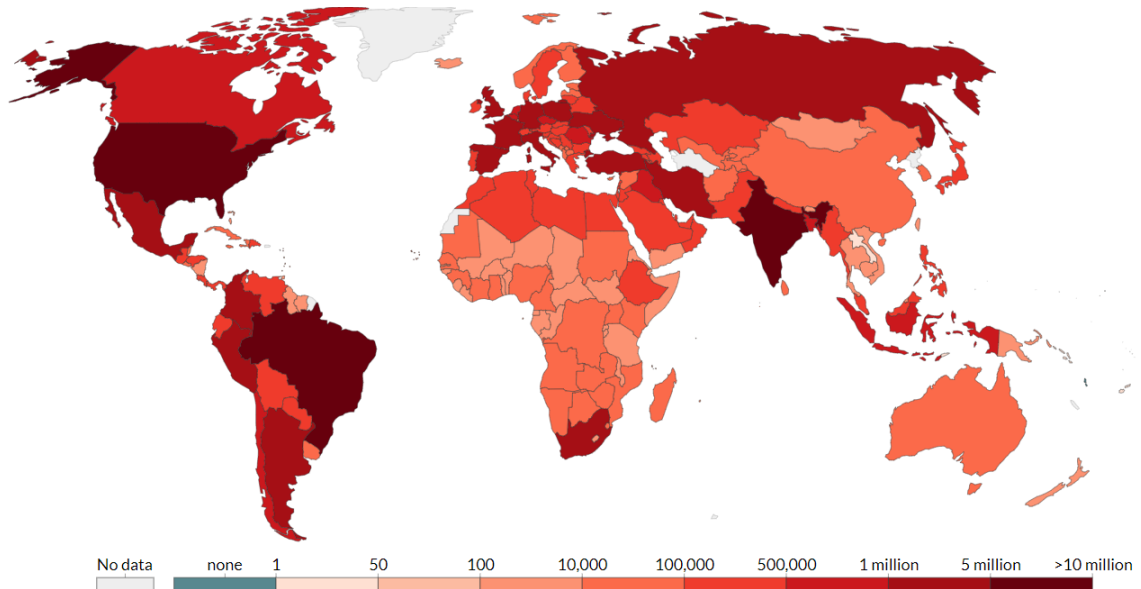
Os efeitos adversos da pandemia ainda se estão a desenvolver, pelo qual ainda serão estudados, mas é inegável a influência no setor económico dos diversos países. Segundo Ghasemi *et al.* (2020) se compararmos as consequências da COVID-19 e da gripe espanhola, as estimativas indicam que a economia global provavelmente encolherá devido à redução do produto interno bruto (PIB) e do consumo do setor privado nos países afetados. Eles também apontaram que, no curto prazo, os retornos reais das ações e as contas do governo tendem a diminuir.

Em relação à COVID-19, é possível ver o seu o efeito no grupo dos países mais industrializados do mundo (G7) e a China que estão envolvidos em 60% do PIB mundial e em 40% das exportações mundiais (Ghasemi *et al.*, 2020). Considerando a possibilidade de um impacto tão grande, este estudo tenta responder à necessidade de avaliar o desempenho dos governos na prevenção da disseminação do vírus.

De forma a minimizar o efeito nas empresas que tiveram uma quebra temporária de atividade, foi introduzida uma redução temporária dos períodos normais de trabalho ou suspensão dos contratos de trabalho efetuada por iniciativa das empresas, durante um determinado tempo (Kavaliunas *et al.*, 2020).

A Figura 1.1 ilustra o número de países afetados pela COVID-19 no dia 4 de janeiro de 2021. Inicialmente disseminada apenas no continente asiático, rapidamente se espalhou pelo mundo. Após um ano desde a primeira pessoa infetada, os números de casos continuam a aumentar diariamente. O número de casos confirmados é na realidade inferior ao número de casos existentes. A principal razão para esta discrepância é a capacidade limitada do número de testes (Ritchie *et al.*, 2020a).

Figura 1.1 - Casos Confirmados de COVID-19 (acumulativo)



Fonte: Our World in Data (2021)

Apesar da descoberta de terapêutica contra a manifestação severa da COVID-19 através de vacinação, o distanciamento social e o uso de máscara continuam a ser medidas amplamente utilizadas para a mitigação e controlo do contágio.

Ritchie *et al.* (2020a) considera que todas as contramedidas têm o objetivo de diminuir a taxa de infeção, o que contribui para o fornecimento de assistência médica e a obtenção de tempo para a inovação. Cientistas de todo o mundo estão a trabalhar em soluções para combater a pandemia, mas isso leva tempo. Ao desacelerar a pandemia, damos aos cientistas mais tempo para desenvolver a tecnologia de que todos precisamos.

Diferentes países obtiveram taxas de mortalidade bastante diferentes. Compreender o que impulsiona estas diferenças é crucial, permitindo melhores respostas ao surto contínuo da COVID-19 e a futuras pandemias (Balmford *et al.*, 2020). Este estudo pretende dar resposta à questão crítica de diferentes países sofrerem diferentes taxas de mortalidade e o que se pode aprender para políticas futuras.

### **1.3. Objetivos**

O objetivo principal deste artigo é explorar o potencial do uso da metodologia DEA para estabelecer comparações internacionais sobre a eficiência da implementação de programas no combate à pandemia COVID-19, permitindo desta forma identificar um conjunto de países de boas práticas. A finalidade do estudo é idêntica à coligação de especialistas, financiadores e colaboradores designada de Exemplos em Saúde Global (*Exemplars in Global Health - EGH*) que é “ajudar a informar as políticas e programas atuais, e futuros em saúde global com base no que funcionou no passado” (Kennedy *et al.* 2020). Isso é possível através da análise dos países mais bem-sucedidos no combate à pandemia, contudo não são fáceis de identificar.

A divisão do estudo em dois modelos (A e B), permite a definição de objetivos mais específicos. O modelo A analisa a resposta dos países no controlo do contágio permitindo identificar que países tiveram uma melhor prestação no controlo da disseminação do vírus. O modelo B permite identificar que países responderam de forma eficiente no tratamento médico, evitando um número de mortes elevado.

### **1.4. Limites da pesquisa**

Como anteriormente referido, identificar os países com boas práticas não é simples. Para obter esta informação são necessários dados, os quais estão longe de serem perfeitos. Um exemplo disso é o número total de casos, em que apenas uma fração é conhecida, que são aqueles confirmados por um teste.

As pessoas com sintomas devido à infeção pela COVID-19 estão a ser testadas e identificadas. Em contrapartida, as pessoas assintomáticas não são detetadas, portanto não aparecem nas estatísticas de casos notificados. A estratégia de envolver um teste mais amplo foi desenvolvida e implementada a fim de conseguir identificar o maior número de casos possíveis.

Ao realizar comparações entre países afetados pela pandemia, a primeira questão a ser abordada é a diferença nas abordagens estatísticas nacionais. Da mesma forma, alguns países são muito mais propensos do que outros a atribuir uma morte causada por COVID-19. Como enfatizado por Balmford *et al.* (2020), o grau de subnotificação está longe de ser constante entre os países. Enquanto quase todos os países contaram apenas mortes que foram confirmadas como ligadas à COVID-19, a Bélgica adota uma abordagem muito mais ampla, incluindo também mortes em que a COVID-19 é meramente suspeita como um fator contribuinte. Isso resulta em taxas de mortalidade muito mais altas do que em outros países.

O conjunto de dados de saúde do Centro de Ciência e Engenharia de Sistemas (*Center for Systems Science and Engineering – CSSE*) da Universidade Johns Hopkins, OCDE e WHO fornecem das melhores fontes disponíveis de dados comparativos entre países, no entanto, ainda existem limitações. As variáveis de interesse não são recolhidas regularmente e os métodos de recolha de dados estão longe de serem constantes.

No entanto, as limitações das métricas disponíveis para medir os recursos e os produtos valorizados a nível nacional e internacional restringem ainda mais os esforços para delinear adequadamente o verdadeiro efeito de eficiência dos sistemas de saúde.

O conceito de eficiência do sistema de saúde é, na prática, fortemente contestado e difícil de medir com precisão entre os países. Poucas tentativas foram feitas para criar medidas comparativas únicas de eficiência do sistema de saúde e todos os estudos disponíveis sofrem de limitações significativas, incluindo a falta de uma estrutura conceitual clara, disponibilidade limitada de dados e dificuldades na seleção de técnicas empíricas apropriadas e confiáveis.

Existem muitas iniciativas para a recolha de dados sobre o uso de recursos, vias de tratamento de pacientes e resultados, o que dará suporte a estudos futuros.

## **1.5. Organização do estudo**

Neste estudo, a avaliação da eficiência é realizada através da metodologia DEA. Na primeira etapa, são identificados os países com melhor desempenho no controlo do contágio e, na segunda etapa, os países são avaliados com base no tratamento médico.

Além desta introdução, o texto está dividido em quatro capítulos. O capítulo 2 reúne algumas contribuições da literatura sobre a metodologia DEA. O capítulo 3 apresenta a metodologia aplicada no estudo, bem como a amostra e variáveis utilizadas nos modelos. No capítulo 4, os resultados são apresentados e discutidos. Por último, o capítulo 5 conclui o estudo, apresenta as suas limitações e propostas para investigação futura.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Metodologia DEA

Embora as suas raízes possam ser encontradas já na obra seminal de Farrel (1957), a metodologia DEA desenvolvida posteriormente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) é uma técnica de programação linear não paramétrica que mostrou ser uma das abordagens mais importantes e amplamente utilizadas para medir o desempenho de unidades homogêneas de tomada de decisão (*Decision Making Units - DMU*), executando a mesma tarefa. Cada DMU está inerente a um processo de transformação de recursos em produtos.

Este primeiro modelo DEA, conhecido por Modelo CCR<sup>1</sup>, assume retornos constantes à escala (*Constant Returns to Scale - CRS*). Posteriormente, Banker, Charnes e Cooper (1984) propõem um modelo DEA, conhecido por Modelo BCC<sup>2</sup>, que assume a existência de retornos variáveis à escala (*Variable Returns to Scale - VRS*). Apesar das inúmeras extensões existentes aos modelos DEA, os modelos CCR e BCC são os modelos mais utilizados.

Tabela 2.1 - Fórmula matemática dos modelos CRS (*Constant Returns to Scale*) e VRS (*Variable Returns to Scale*)

Frontier type	Input-oriented	Output-oriented
CRS	$\min \theta - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$ <p>subject to</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s;$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$	$\max \phi + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$ <p>subject to</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s;$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$
VRS	<p>Add <math>\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1</math></p>	

Fonte: Zhu (2014: 21)

<sup>1</sup> CCR – correspondente às iniciais dos nomes dos seus autores: Charnes, Cooper e Rhodes.

<sup>2</sup> BCC – correspondente às iniciais dos nomes dos seus autores: Banker, Charnes e Cooper.

Na Tabela 2.1 encontram-se representadas as fórmulas matemáticas de ambos os modelos. Onde  $j$  é o número de DMU;  $s$  é o número de *outputs*;  $y_{ij}$  é a quantidade de *output*  $r$  produzido pela DMU  $j$ ;  $m$  é o número de *inputs*;  $x_{ij}$  é a quantidade de *input*  $i$  usado pela DMU  $j$ ;  $\lambda_j$  é o coeficiente do *benchmark*  $j$ ;  $s_i^-$  é o *slack* associado ao *input*  $i$  na DMU;  $s_r^+$  é o *slack* associado ao *output*  $r$  na DMU;  $\varepsilon$  é um pequeno número positivo;  $\theta$  é a redução radial a ser aplicada em todos os *inputs* da DMU;  $\phi$  é o aumento radial a ser aplicado a todos os *outputs* da DMU (Zhu, 2014).

A fronteira DEA é formada pela combinação linear dos pontos que representam o conjunto das melhores práticas, formando um conjunto convexo de possibilidades de produção. Sendo um método determinístico, assume que todos os desvios entre os gastos observados e a curva fronteira de gastos mínimos são explicados pela ineficiência. Uma das características da metodologia DEA é que ela permite que cada unidade identifique um grupo de *benchmarking*, ou seja, um grupo de unidades que seguem os mesmos objetivos e prioridades, mas apresentam melhor desempenho. O objetivo é classificar cada unidade da melhor maneira possível em comparação com as outras unidades. O método define então unidades de referências para cada observação, o que permite calcular os aumentos de produtos ou diminuição de recursos necessários para que a atuação seja otimizada (Amado & Dyson, 2009).

Existem pelo menos 4 razões distintas que tornam os modelos DEA adequados para uso na avaliação de desempenho dos sistemas de saúde. Em primeiro lugar, dado que a maioria dos modelos DEA podem ser conceituados como um programa linear, uma vasta gama de informações úteis torna-se disponível para melhoria de desempenho. Em segundo lugar, a metodologia DEA pode lidar com a existência de *inputs* e *outputs*, sem exigir preços unitários para cada uma delas. Em terceiro lugar, não requer nenhuma suposição empírica sobre a forma funcional que liga os *inputs* aos *outputs* e isso reduz a exposição aos pressupostos teóricos da sua especificação empírica, em comparação com estudos que adotam abordagens paramétricas. Em quarto lugar, a metodologia DEA usa todos os dados disponíveis para construir a melhor fronteira de boas práticas, com a qual cada ponto de produção não ótimo é comparado (Amado & Dyson, 2009).

De acordo com Kohl, Schoenfelder, Fügner e Brunner (2019) os processos dentro das DMU são considerados uma caixa preta, em que todos os *inputs* relevantes são transformados nos *outputs* caracterizadores do processo de produção. Portanto, todos os *inputs* e *outputs* relevantes precisam ser conhecidos, porque os resultados dependem da relevância das variáveis incluídas. Pelone *et al.* (2015) argumentam que transparência, questões de implementação e comparações com ambientes semelhantes devem ser consideradas ao resumir os resultados empíricos para informar os formuladores de políticas.

Apesar destas vantagens importantes, esta técnica tem algumas limitações. Em primeiro lugar, a abordagem não paramétrica é bastante sensível a *outliers*, valores extremos e erros de medição. Um *outlier* pode fazer com que outras observações pareçam relativamente menos eficientes se este *outlier* for usado para comparar as observações restantes. Além disso, as unidades sem pares por vezes são classificadas com eficiência total, embora sejam bastante menos eficientes (Varabyova & Müller, 2016). Portanto, alguns estudos revistos como Retzlaff-Roberts, Chang e Rubin (2004), excluíram explicitamente os países em estágios de desenvolvimento diferente da análise. Em segundo lugar, estudos baseados na metodologia DEA têm um maior grau de incerteza do que estudos baseados em estatísticas que usam modelos de incerteza sobre a robustez dos resultados. A metodologia DEA não oferece nenhum diagnóstico para avaliar a adequação do modelo no que diz respeito a uma série de questões metodológicas, tais como observações discrepantes, precisão de medição e erro aleatório e a aplicação de análise de sensibilidade. Em terceiro lugar, dado que nenhum modelo DEA pode incluir todas as potenciais variáveis, uma análise DEA pode levar a resultados parciais e potencialmente enganosos (Amado & Dyson, 2009). A metodologia DEA assume que é possível caracterizar completamente a produção de saúde, identificando um conjunto de *inputs*, *outputs* e resultados da produção. No entanto, alguns dos produtos e resultados dos sistemas de saúde não são mensuráveis. Além disso, há um grande número de fatores operando em diferentes níveis que impactam nesta transformação e que podem levar à violação da relação linear entre *inputs* e *outputs*. A consciência destas limitações e do seu impacto potencial nos resultados é necessária para que informações úteis sejam obtidas.

Com base nas definições seminais de eficiência de Farrell (1957), a eficiência técnica consiste em produzir a quantidade máxima de *output* a partir de uma determinada quantidade de *input* (orientação a *output*) ou, alternativamente, produzir um determinado *output* com quantidades mínimas de *inputs* (orientação a *input*), de modo que quando uma empresa é tecnicamente eficiente, ela opera na sua fronteira de produção.

Como referido anteriormente, a metodologia DEA também oferece dois tipos distintos de orientação: orientação a *input* (*input oriented model*) e orientação a *output* (*output oriented model*). Quanto ao modelo orientado a *input*, há espaço para ter mais controlo sobre os recursos. Isto significa que o objetivo é minimizar os recursos utilizados (*inputs*) enquanto se mantém o *output* constante. Por outro lado, os modelos orientados para os *outputs* maximizam a produção utilizando a mesma quantidade de recursos. Ozbugday, Tirgil e Kose (2020) defendem que se deve selecionar a orientação de acordo com o maior nível de controlo sobre os recursos *versus* resultados.

Os resultados dos cálculos de eficiência técnica geram pontuações de eficiência entre 0 e 1 com uma interpretação direta: a pontuação de 1 (100%) indica que esta DMU produz saúde de forma eficiente em comparação com as outras DMU da amostra, ou seja, demonstra as melhores práticas que outros países podem aprender. Uma pontuação abaixo de 1 indica ineficiência e a pontuação indica o grau de ineficiência relativamente às DMU consideradas eficientes. É neste contexto que a metodologia DEA envolve a mediação de um nível de eficiência relativa e não absoluta (Althin *et al.* 2019).

Para uma melhor avaliação dos resultados obtidos pela metodologia DEA surgiram algumas metodologias complementares de análise, tais como os níveis de supereficiência, fronteira invertida, eficiência composta, entre outras.

Em muitos estudos verifica-se que uma quantidade considerável de DMU é classificada como eficiente com uma pontuação máxima de 1. Kohl *et al.* (2019) sugerem o conceito de supereficiência de forma a aumentar o poder de discriminação dos modelos DEA, que permite criar um *ranking* completo de todas as unidades. Uma DMU examinada é excluída das restrições que definem o conjunto de referência. Como

resultado, pontuações de eficiência com um valor superior a 1 são possíveis, criando uma discriminação entre as DMU consideradas eficientes e mantendo inalteradas as pontuações das unidades menos eficientes. Além da possibilidade de criar um *ranking* de unidades eficientes, permite também a detecção de *outliers*.

Quando na metodologia DEA se utiliza modelos BCC, as DMU que apresentam o valor mais baixo para um dos *inputs* ou o valor mais elevado para um dos *outputs* são consideradas eficientes. De acordo com Ali (1993), tais DMU podem ser consideradas falsas-eficientes, eficientes à partida ou por defeito. Neste caso, uma análise aos resultados tem de ser feita para compreender o desempenho efetivo de cada DMU.

Segundo Martins (2012) a combinação da eficiência padrão com ineficiência da DEA invertida (*Inverted DEA - IDEA*) permite identificar as DMU falsas-eficientes através do nível de eficiência composta. Este indicador de eficiência exige que uma DMU eficiente apresente um elevado nível de eficiência padrão e um baixo nível de eficiência invertida. Estes resultados podem ser obtidos no *software* Sistema Integrado de Apoio à Decisão (*Integrated System for Decision Support – ISYDS*).

O conceito de fronteira invertida consiste em examinar os *outputs* como *inputs* e os *inputs* como *outputs* e é utilizado em diferentes estudos como Yamada, Matui e Sugiyama (1994), Entani, Maeda e Tanaka (2002) e Mello *et al.* (2005). Ou seja, enquanto os modelos DEA clássicos permitem obter a melhor classificação das DMU avaliadas, os modelos IDEA representam uma avaliação pessimista das DMU, dado que a fronteira invertida é composta pelas DMU com as piores práticas, sendo usualmente denominada por fronteira ineficiente. Logo, quanto maior o nível de eficiência invertida, menor a eficiência da DMU (Martins, 2012).

Segundo Meza, Mello, Gomes e Fernandes (2007) o nível de eficiência composta é definido como sendo a média aritmética entre a eficiência em relação à fronteira DEA convencional (padrão) e o complemento da eficiência em relação à fronteira invertida, ver Equação 2.1. De modo a obter um índice em que as unidades eficientes têm o valor de 1, geralmente é utilizado o nível de eficiência composta normalizada, que se obtém

dividindo os valores da eficiência composta de cada DMU pelo maior valor de eficiência composta obtido na amostra.

$$Eficiência\ composta = \frac{[Eficiência\ padrão + (1 - Eficiência\ invertida)]}{2} \quad (2.1)$$

Fonte: Meza et al. (2007: 24)

Martins (2012) argumenta que o nível de eficiência composta normalizada exige que uma DMU eficiente apresente um bom desempenho nas áreas em que é melhor (elevado nível de eficiência padrão) e que apresente um desempenho aceitável nas áreas em que é pior (baixo nível de eficiência invertida).

## 2.2. Metodologia DEA aplicada ao Setor da Saúde

De acordo com Kohl *et al.* (2019) os 5 principais ramos de aplicação da metodologia DEA são agricultura, bancos, educação, saúde e transporte. Em relação à sua aplicação nos estudos da área da saúde, que é o setor abordado neste estudo, temos vários exemplos, dos quais destacamos: Retzlaff-Roberts *et al.* (2004); Spinks e Hollingsworth (2007); Cordero-Ferrera, Crespo-Cebada e Murillo-Zamorano (2011); Cylus, Papanicolas e Smith (2015); e mais recentemente, Breitenbach *et al.* (2020) com a aplicação da metodologia DEA na avaliação da eficiência dos sistemas de saúde no combate à COVID-19.

Retzlaff-Roberts *et al.* (2004) através da metodologia DEA revelaram que alguns países alcançam vantagens de eficiência relativa, incluindo aqueles com bons resultados de saúde (Japão, Suécia, Noruega e Canadá) e aqueles com resultados de saúde desprezíveis (México e Turquia). Acrescentam que os Estados Unidos da América (*United States of America* - USA) podem aprender com os países mais econômicos na alocação de recursos de saúde e que podem reduzir substancialmente os *inputs*, mantendo o nível atual de expectativa de vida.

Spinks e Hollingsworth (2007) evidenciam que o uso da metodologia DEA em comparações entre países da eficiência técnica da produção de saúde é atualmente limitado devido a uma série de questões teóricas não respondidas e que os formuladores de políticas devem estar cientes das limitações e incertezas do uso de tais técnicas na produção de saúde.

Cordero-Ferrera *et al.* (2011) demonstram que a inclusão de dados sobre a população que são considerados como variáveis não discricionárias têm um grande impacto tanto nos valores de eficiência quanto na classificação das unidades. Assim, uma avaliação realizada sem levar em consideração as informações da população pode levar a resultados enganosos, uma vez que os valores de eficiência atribuídos a algumas unidades não refletem com precisão o seu desempenho no processo de prestação de serviços de saúde.

Cylus *et al.* (2015) destacam o valor da metodologia DEA como uma ferramenta exploratória, ao invés de um método para gerar um julgamento definitivo sobre o desempenho do sistema de saúde. Pode ainda oferecer informações diagnósticas úteis sobre o nível geral de eficiência de um país e sobre seu desempenho em áreas específicas de atividade.

Breitenbach *et al.* (2020) aplicaram a metodologia DEA para analisar a eficiência da contenção da propagação da COVID-19, identificando 12 países eficientes e 19 menos eficientes no uso de recursos disponíveis. Entre os piores desempenhos estavam Alemanha, Áustria, Canadá, e USA com valores de eficiência de aproximadamente 55%, ou seja, menos eficientes do que Bélgica, França e Itália, que foram dos países mais afetados pela disseminação do vírus.

A metodologia DEA tem sido amplamente utilizada para analisar a eficiência no setor da saúde a nível mundial. Como a pandemia COVID-19 ainda está em desenvolvimento, poucos artigos usaram a metodologia DEA para analisar a eficiência dos sistemas de saúde entre países, com a utilização dos recursos como variáveis.

Desde a sua criação o modelo CCR (rendimentos constantes à escala) tem sido a tecnologia mais usada no setor da saúde. Contudo, a última década mostra uma tendência para a suposição de rendimentos variáveis à escala (modelo BCC). No entanto, a aplicação e interpretação do modelo BCC devem ser feitas com cautela, pois as economias de escala medidas de DMU não localizadas na fronteira podem ser incorretas (Kohl *et al.*, 2019).

No setor da saúde temos diferentes aplicabilidades da metodologia DEA. Neste estudo aplica-se em contexto de pandemia COVID-19, como diversos autores também o fizeram para outras epidemias ou pandemias. Zanakis, Alvarez e Li (2007) analisaram os determinantes socioeconómicos da pandemia do Vírus da Imunodeficiência Humana (*Human Immunodeficiency Virus – HIV*) e a eficiência das nações; Santos, Amado e Santos (2012) avaliaram a eficiência da prevenção do HIV de mãe para filho em países de baixo e médio rendimento; Seposo, Okubo e Kondo (2019), por outro lado, avaliaram a eficiência dos serviços primários do HIV.

Zanakis *et al.* (2007) concluíram que países com menor densidade populacional que conseguem proporcionar melhor desempenho do sistema de saúde, suporte per capita com melhores informações dos *media*, e não necessariamente maior Produto Nacional Bruto (*Gross National Product – GNP*) têm maior probabilidade de exibir indicadores de HIV mais baixos.

Santos *et al.* (2012) indicam que há uma variação notável na eficiência dos serviços de prevenção entre as nações, sugerindo que um melhor uso dos recursos poderia levar a mais e melhores serviços e, em última instância, prevenir a infeção de milhares de crianças. Estes resultados também demonstram o potencial papel estratégico da metodologia DEA para o planeamento eficiente e eficaz de recursos escassos para o combate da pandemia.

Seposo *et al.* (2019) mencionam um uso menos eficiente de recursos limitados entre as clínicas de higiene social (*Social Hygiene Clinics – SHC*). Contudo, os resultados

indicaram que o rendimento está positivamente associado à eficiência, enquanto a prevalência de HIV foi negativamente associada às variações de eficiência entre as SHC.

Até o momento, quase não existem estudos que relatem o impacto real dos resultados da metodologia DEA na tomada de decisões de formuladores de políticas e gestores. A única exceção é Rouse e Swales (2006), que descrevem o setor de saúde pública da Nova Zelândia, onde a metodologia DEA é usada para definir preços para serviços hospitalares ao nível dos Grupos de Diagnóstico Relacionado (GDR). Existe uma enorme lacuna entre oferta e a procura de estudos de eficiência. Para superar esta lacuna é necessário que a confiança nos resultados analíticos seja fortalecida e a análise precisa ser mais específica para o problema em questão. De acordo com Kohl *et al.* (2019) a metodologia DEA não se tornará uma ferramenta comum para os profissionais até que haja confiança suficiente nos resultados.

Todas as ferramentas de política social controladas pelos governos impactam direta ou indiretamente na saúde das populações. Se a produção de saúde é influenciada pela combinação de políticas instituídas pelos governos, é lógico que os governos procurariam produzir saúde da maneira mais eficiente possível. Identificando os determinantes socioeconómicos influenciados pelo governo que produzem o produto de saúde de um país, é possível medir o quão tecnicamente eficiente (*Technical Efficiency - TE*) um país está em produzir saúde. Esta análise pode ser estendida para produzir comparações entre países, que à primeira vista parecem fornecer percepções sobre a combinação de políticas dos países que produzem saúde de forma mais eficiente (Spinks & Hollingsworth, 2007).

Resultados da aplicação da metodologia DEA transversal para um determinado ano fornecem grandes detalhes para cada país do ganho projetado de saúde, se os *inputs* fossem usados tão eficientemente quanto os países que formam a fronteira. Também é fornecido um resumo dos pares, ou seja, os países com desempenho mais semelhante entre si. Retzlaff-Roberts *et al.* (2004) acreditam que seja tentador usar os resultados de tal análise para abordar questões de política. Em concordância estão Spinks e Hollingsworth (2007), argumentando que em teoria, a aplicação de técnicas DEA para determinar indicadores ótimos de política social é promissora. No entanto, estas técnicas

ainda precisam superar uma série de questões metodológicas e suposições subjacentes que tornam inadequado, neste momento, informar os formuladores de políticas. Ainda não está claro quão aplicável é o uso da metodologia DEA para determinar os países que produzem saúde de forma mais eficiente, embora a área de pesquisa de produção de saúde usando métodos de fronteira deva ser incentivada. Além disso, Spinks e Hollingsworth (2007) acrescentam que ainda existem vários obstáculos antes que ela possa ser considerada uma ferramenta de política útil, como por exemplo: qualidade, disponibilidade e comparabilidade dos dados, variáveis ausentes ou acordo sobre os determinantes sociais de saúde mais indicativos.

Eficiência é uma das medidas mais potentes do desempenho do sistema de saúde e é de particular interesse para os formuladores de políticas, porque visa avaliar os resultados valorizados de um sistema de saúde em relação aos recursos que são sacrificados. Porém, o processo de produção do sistema de saúde é uma sequência complexa, e a maioria dos indicadores só consegue captar parte deste processo. Estes indicadores oferecem limitações para análise. Embora os pesquisadores tenham previamente construído indicadores compostos que combinam medidas parciais num único número, os pesos usados para agregar dados podem ser controversos e podem não ser universalmente aplicáveis entre os sistemas. Segundo Cylus *et al.* (2015) a metodologia DEA é mais frequentemente usada para comparar a produtividade de diferentes entidades produtoras, incluindo sistemas de saúde.

Os *inputs* devem incorporar todos os recursos necessários e os produtos devem descrever os objetivos gerenciais da DMU. O que torna os *inputs* e *outputs* adequados pode variar de caso para caso. No entanto, algumas diretrizes foram estabelecidas para ajudar os pesquisadores a encontrar medidas adequadas. Segundo Kohl *et al.* (2019) as três categorias principais de *inputs* para sistemas de saúde são: investimento de capital, trabalho e despesas operacionais. (Spinks & Hollingsworth, 2007).

A maioria dos países com altos rendimentos está a tentar identificar formas de garantir os mesmos resultados de saúde por menos, enquanto muitos países de médio e baixo rendimento estão a tentar expandir os seus sistemas de saúde, de modo a garantir uma boa relação de custo-benefício. Estes tipos de indicadores podem ser usados para

identificar áreas do sistema de saúde que apresentam pior desempenho, bem como destacar outros países com programas de saúde mais eficientes (Cylus *et al.*, 2015).

Poucos indicadores de eficiência estão prontamente disponíveis para a maioria dos países, o que limita o número de países, domínios de atendimento e processos de produção que podem ser comparados. Usando os dados do CSSE, OCDE e WHO, apenas uma parte dos indicadores de eficiência podem ser selecionados, mantendo o conjunto de países constante em várias especificações de modelo. Isso promove um problema geral na comparação de eficiência dos sistemas de saúde e realça a necessidade urgente de desenvolver uma gama mais ampla de indicadores parciais de eficácia comparáveis entre países.

Os programas de prevenção em diferentes regiões do mundo é uma tarefa desafiadora. De acordo com Santos *et al.* (2012) os exercícios de *benchmarking* permitem identificar as melhores práticas entre os prestadores de cuidados de saúde dentro de um país ou entre países e têm o potencial de fornecer informações essenciais para a melhor alocação de fundos de prevenção da pandemia.

O uso menos eficiente de recursos no contexto da saúde implica perda de dinheiro, vidas e cuidados aos necessitados, levando à origem do apelo por mais eficiência e eficácia nos cuidados de saúde, um apelo para uma nova mudança no equilíbrio entre prevenção e tratamento. Embora estas chamadas se apliquem a todas as áreas de saúde, elas são particularmente significativas em pandemias.

Embora haja um corpo crescente e altamente relevante de literatura sobre a eficiência e/ou eficácia de programas específicos de prevenção, tratamento e cuidados, o número de estudos que avaliam e comparam a eficiência com que diferentes países estão a usar os fundos disponíveis para combater a pandemia é muito raro. Santos *et al.* (2012) evidencia que quando as comparações são feitas, elas tendem a basear-se no uso de vários indicadores ou índices de desempenho, em vez de se centrarem numa única medida agregada do desempenho geral de cada país. Este problema poderia ser resolvido se fosse possível chegar a um acordo sobre a importância relativa dos vários indicadores de

desempenho. No entanto, raramente é este o caso, pois a importância de cada indicador depende da perspectiva adotada e das prioridades dos países avaliados.

Numa análise comparativa dos países que lutam contra a pandemia, também é importante ter em mente que existem fatores socioculturais, políticos e económicos, não diretamente controláveis pelas autoridades de prevenção, que podem explicar as diferenças de eficiência e, em última análise, ajudam a compreender o desenvolvimento da pandemia em cada país. Consequentemente, é importante incluir na análise variáveis não discricionárias que garantirão tecnologias comparáveis (Santos *et al.*, 2012).

Papanicolas e Smith (2013) enfatizaram que as comparações de países que contam com estruturas analíticas fracas e medidas mal selecionadas podem levar a dois tipos de risco. Primeiro, a aceitação acrítica dos resultados causa reformas caras e inadequadas do sistema de saúde. Em segundo lugar, tratar as comparações como irrelevantes leva à perda de oportunidade de reformar um sistema de saúde menos eficiente. Complementando, Varabyova e Müller (2016) indicam que o objetivo central da pesquisa comparativa é garantir que os formuladores de políticas reconheçam algumas incertezas inevitáveis e tomem decisões bem informadas, que incorporem a influência do contexto ambiental no desempenho relatado.

Países que enfrentam diferentes condições ambientais podem ter diferentes restrições ao processo de produção da saúde. Diferentes fatores socioeconómicos e de estilo de vida, políticas nacionais e localizações geográficas podem restringir a capacidade de alcançar todos os objetivos do sistema de saúde. Como resultado, alguns países podem enfrentar custos de saúde mais elevados. Portanto, a incorporação de fatores ambientais na análise de eficiência é extremamente importante para produzir classificações imparciais de eficiência. Contudo, Varabyova e Müller (2016) salientam que a principal dificuldade em interpretar os efeitos das variáveis institucionais e ambientais na eficiência do sistema de saúde é a falta de causalidades comprovadas entre a eficiência e os fatores ambientais em aplicações paramétricas ou não paramétricas.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Caracterização da amostra

Neste estudo aplica-se um método não paramétrico conhecido como DEA e uma metodologia complementar de análise designada de ISYDS, na análise entre alguns países pertencentes à OCDE, durante os primeiros 100 dias após o primeiro caso confirmado de COVID-19. Os modelos DEA usados para eficiência técnica, com orientação a *input*, são denominados de Modelo A – Controlo de Contágio e B – Tratamento Médico. No modelo A usamos cinco *inputs* e um *output* e no modelo B usamos seis *inputs* e um *output* descritos neste capítulo.

Em ambos os modelos, a dimensão da amostra supera o número de *inputs* e *outputs* considerados necessários pelas abordagens mais comuns. Desta forma, respeitam-se as regras descritas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Regras a aplicar na dimensão da amostra

<b><i>Autores</i></b>	<b><i>Regra</i></b>
<i>Golany e Roll (1989)</i>	$n^{\circ} \text{ DMU} \geq 2(n^{\circ} \text{ inputs} + n^{\circ} \text{ outputs})$
<i>Boussofiane, Dyson e Thanassoulis (1991)</i>	$n^{\circ} \text{ DMU} \geq n^{\circ} \text{ inputs} \times n^{\circ} \text{ outputs}$
<i>Liu e Tripe (2001)</i>	$n^{\circ} \text{ DMU} \geq n^{\circ} \text{ inputs} \times n^{\circ} \text{ outputs}$
<i>Dyson et al. (2001)</i>	$n^{\circ} \text{ DMU} \geq 2(n^{\circ} \text{ inputs} \times n^{\circ} \text{ outputs})$

Fonte: Elaborado pelo autor  
DMU - Decision Making Units

A seleção de *inputs* e *outputs* DEA (I/O) segue as seguintes considerações: o mínimo possível de I/O deve ser usado para evitar a perda de potência de discriminação de eficiência, mas à medida que o número de DMU (países) aumenta, a metodologia DEA pode acomodar relativamente mais I/O; as variáveis de I/O devem fazer sentido lógico para as eficiências avaliadas, utilizando as variáveis mais pertinentes. Para facilitar a comparabilidade de dados e países, usa-se apenas medidas relativas, como percentagens, taxas ou índices.

Os dados usados no estudo foram recolhidos de várias fontes públicas internacionais, incluindo o CSSE, OCDE e WHO. Embora sejam fontes fidedignas, algumas das informações que disponibilizam são fornecidas por cada país individualmente. Considerando que alguns destes países possuem estatísticas recolhidas com critérios diferentes, a análise que se segue deve ser interpretada com cautela.

*Tabela 3.2 - Amostra final com a indicação dos países e critérios de exclusão*

<i>Número de Países Inicial</i>	<i>Critério de Exclusão</i>	<i>Países Excluídos</i>	<i>Número de Países Final</i>
37	Número de testes indisponível ou incomparável	Canada, Coreia do Sul, França, Holanda, Japão, México, Noruega, Polónia e Suécia	28
28	Número de enfermeiras e médicos em prática indisponível	Chile, Eslováquia, Grécia, Irlanda, Portugal, Turquia e USA	21
21	Número de mortes incomparável	Bélgica	20
20	Países subdesenvolvidos	Colômbia e Hungria	18

*Fonte: Elaborado pelo autor  
USA – United States of America*

Inicialmente pretendia-se utilizar os dados dos 37 países pertencentes à OCDE. Contudo, foram excluídos 2 países (França e Suécia) devido à inexistência de valores para uma variável utilizada (número de testes) e outros 7 países devido à abordagem de contabilização diferir significativamente dos restantes países. Não é correto considerar o mesmo valor para testes processados e pessoas testadas, porque uma pessoa pode ser testada diversas vezes, por exemplo.

Os dados indisponíveis de enfermeiras e médicos em prática levou à exclusão de outros 7 países, tais como: Chile, Eslováquia, Grécia, Irlanda, Portugal, Turquia e USA. Todos os países foram excluídos devido à falta de dados comparáveis.

Chile, Grécia e Portugal apenas têm como registo dados dos médicos que possuem licença para a prática. A Eslováquia e a Turquia têm somente dados referentes aos médicos profissionalmente ativos, que engloba médicos que atuam no setor da saúde como: professores, investigadores, gestores, entre outros.

Em relação aos dados disponíveis sobre enfermeiras, constatou-se que o Chile só apresenta dados para as enfermeiras com licença para a prática. França, Irlanda, Portugal, Eslováquia, Turquia e USA apresentam unicamente dados referentes às enfermeiras profissionalmente ativas.

Enquanto os restantes países incluídos na análise contaram apenas mortes que foram confirmadas como relacionadas à COVID-19, a Bélgica adota uma abordagem muito mais ampla, incluindo também mortes em que a COVID-19 é meramente suspeita como um fator contribuinte. Isso resulta em taxas de mortalidade muito mais altas do que em outros países, o que determinou a sua exclusão do estudo.

Os países num estágio de desenvolvimento diferente também foram excluídos da análise, porque a recolha precária de dados pode afetar a fronteira de melhores práticas.

Após a exclusão dos diferentes países devido a deficiências de dados irreconciliáveis, decidiu-se incluir no estudo apenas 18 dos 37 países da OCDE (Tabela 3.2).

Tabela 3.3 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nos modelos DEA

Variáveis	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Testes	64.386	43.781	22.576	185.115
Casos	2.259	1.859	272	6.557
Mortes	138	182	4	570
Médicos	3.777	632	2.796	5.174
Enfermeiras	9.537	3.743	4.401	17.436
Camas hospitalares	4.379	1.713	2.439	7.920
PIB	8,74	1,81	5,40	12,14
Densidade Pop.	127	113	3	403
População ≥ 65 anos	190.615	28.203	126.134	232.680

Fonte: Elaborado pelo autor

Testes, casos, mortes, médicos, enfermeiras, camas hospitalares e população ≥ 65 anos têm como unidade de medida milhão/habitante;

PIB (Produto Interno Bruto) apresenta-se em percentagem;

Densidade populacional mede-se por habitantes por km<sup>2</sup> de área de terra.

A Tabela 3.3 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no estudo, o que possibilita a percepção de como diversos países tiveram diferentes respostas e conseqüentemente resultados distintos. Para uma melhor comparação entre países, a estatística descritiva das variáveis encontra-se calculada para milhão de habitantes, à exceção do PIB e densidade populacional.

O país que realizou um maior número de testes é a Islândia. A Finlândia é o país que realizou menos testes durante os primeiros 100 dias após o primeiro caso confirmado. Contudo, o desvio-padrão é demasiado elevado, o que indica uma grande variação nas testagens entre países.

A Austrália obteve o número de casos e de mortes mais reduzido dos países da OCDE. Luxemburgo apresenta os valores mais elevados para o número de casos, enquanto a Espanha apresenta o maior número de mortes.

A Áustria possui o maior número de médicos por milhão de habitantes. No entanto, a Suíça usufrui de um número superior de enfermeiras. Por último, a Alemanha desfruta de mais camas hospitalares que qualquer outro país.

A Suíça é quem dispõe de uma maior percentagem do PIB para gastos em saúde. Em média os países pertencentes à OCDE dispõem de 8,74%.

Neste estudo, Israel tem o número mais elevado de habitantes por km<sup>2</sup>. Contudo, o país com mais população ≥ 65 anos é a Itália.

### 3.2. Modelos e variáveis incluídas no estudo

A tabela 3.4 apresenta as variáveis *input* e *output* incluídas nos modelos A e B, juntamente com as suas unidades de medida utilizadas no estudo.

Tabela 3.4 - Variáveis selecionadas para integrar os modelos DEA

<b>Modelo</b>	<b>Inputs</b>	<b>Unidade de Medida</b>	<b>Output</b>	<b>Unidade de Medida</b>
<b>A</b>	Número de testes	Por milhão de habitantes	Número de casos confirmados	Inverso do número de casos por milhão de habitantes
	Número de médicos			
	Número de enfermeiras			
	Espaçamento populacional	Inverso do número de habitantes por km <sup>2</sup> de área de terra		
	PIB em saúde	%		
<b>B</b>	Número de casos confirmados	Por milhão de habitantes	Número de mortes confirmadas	Inverso do número de mortes por milhão de habitantes
	Número de médicos			
	Número de enfermeiras			
	Número de camas hospitalares			
	População ≥ 65 anos			
	PIB em saúde	%		

Fonte: Elaborado pelo autor

PIB – Produto Interno Bruto

O modelo A tem como objetivo avaliar a Eficiência no Controlo do Contágio. Portanto, os *inputs* selecionados são: número de testes à COVID-19, percentagem do PIB em saúde, número de médicos, número de enfermeiras e espaçamento populacional (Tabela 3.4).

O número de testes permite entender como os países estão a rastrear a evolução da pandemia. Para interpretar quaisquer dados sobre casos confirmados, precisamos saber

quantos testes à COVID-19 estão a ser realizados por cada país. Sem dados sobre quem está infetado pelo vírus, não temos como entender a dispersão da pandemia. Outros autores como Aydin e Yurdakul (2020) e Breitenbach *et al.* (2020), também aplicaram esta variável nos seus estudos.

Gastos em saúde medem o consumo final de bens e serviços de saúde (ou seja, gastos correntes com saúde), incluindo cuidados pessoais de saúde (cuidados curativos, cuidados de reabilitação, cuidados de longa duração, serviços auxiliares e bens médicos) e serviços coletivos (prevenção e serviços de saúde pública, bem como administração de saúde), mas excluindo gastos com investimentos (Organization for Economic Co-operation and Development, 2021a). As nações mais ricas provavelmente estão em melhor posição para limitar a propagação de pandemias, pelo que foi utilizado o PIB para compensar as diferenças entre os países devido à riqueza, como também é observável noutros estudos como: Aydin e Yurdakul (2020), Breitenbach *et al.* (2020), Retzlaff-Roberts *et al.* (2004), Santos *et al.* (2012), Spinks e Hollingsworth (2007) e Zanakis *et al.* (2007).

A variável número de médicos é definida pelos médicos em prática que prestam cuidados diretos aos pacientes. Os médicos são geralmente generalistas que assumem a responsabilidade pela prestação de cuidados continuados a indivíduos e famílias, ou especialistas, tais como pediatras, obstetras/ginecologistas, psiquiatras, médicos especialistas e especialistas em cirurgia (Organization for Economic Co-operation and Development, 2021b). É possível identificar o uso desta variável no estudo de Afonso e Aubyn (2011), Amado e Santos (2009), Breitenbach *et al.* (2020), Retzlaff-Roberts *et al.* (2004) e Zanakis *et al.* (2007).

Enfermeiras são definidas como o número de todas as enfermeiras em prática que prestam serviços diretos de saúde aos pacientes, incluindo enfermeiras autónomas (Organization for Economic Co-operation and Development, 2021c). Outros estudos que similarmente avaliaram a eficiência em saúde também aplicaram esta variável. Por exemplo, Afonso e Aubyn (2011), Amado e Santos (2009), Nepomuceno, Silva, Nepomuceno e Barros (2020) e Zanakis *et al.* (2007).

A densidade populacional representa a população no meio do ano, dividida pela área de terra em quilómetros quadrados (Our World in Data, 2017). Como o vírus tem a capacidade de se transmitir, de pessoa para pessoa, através do contato próximo com pessoas infetadas com SARS-CoV-2, ou através do contato com superfícies e objetos contaminados, a proximidade entre pessoas constitui uma maior probabilidade de transmitir e contrair a doença. Desta forma, a variação na densidade populacional entre os diferentes países pode ser um determinante de infeção por COVID-19. Autores como, Aydin e Yurdakul (2020), Ghasemi *et al.* (2020), Shirouyehzad, Jouzdani e Khodadadi-Karimvand (2020) e Zanakis *et al.* (2007) que aplicaram os seus estudos no contexto de pandemias consideraram estas variáveis importantes. Contudo, o *input* densidade populacional neste estudo trata-se de um *input* indesejável e para capturar o efeito desejado entra no modelo com a designação de espaçamento da população que é o inverso matemático da densidade populacional. Além disso, devido à incapacidade da sua alteração, o *input* é classificado como não discricionário.

O *output* escolhido para o modelo A é o número de casos confirmados. Os casos considerados positivos atendem aos seguintes critérios: pessoas com um Teste de Amplificação de Ácido Nucleico (*Nucleic Acid Amplification Test* - NAAT) positivo; pessoas com um teste rápido de Antígeno SARS-CoV-2 positivo e atendendo à definição de caso provável ou critérios suspeitos A ou B; bem como pessoas assintomáticas com um teste rápido de Antígeno SARS-CoV-2 positivo que são um contato de um caso provável ou confirmado. Para um melhor esclarecimento ver o Anexo A (World Health Organization, 2020a). A variável também foi selecionada pelos seguintes autores: Aydin e Yurdakul (2020), Ghasemi *et al.* (2020) e Shirouyehzad *et al.* (2020).

Tabela 3.5 - Correlação das variáveis do modelo A

	Testes	PIB	Médicos	Enfermeiras	Espaçamento populacional	Casos
Testes	1					
PIB	-0,45	1				
Médicos	0,08	0,40	1			
Enfermeiras	0,19	0,49	0,05	1		
Espaçamento Pop.	0,31	0,03	0,01	0,39	1	
Casos	-0,22	-0,09	-0,12	0,01	0,44	1

Fonte: Elaborado pelo autor  
 PIB – Produto Interno Bruto  
 Nota:  $p < 0,05$

Na Tabela 3.5 estão apresentados os valores da correlação das variáveis do modelo A que serão classificados tendo em conta a nomenclatura designada pelos seguintes autores: Pearson (1901) e Hinkle, Wiersma e Jurs (2003). Os valores com pouca ou nenhuma correlação variam entre -0,22 e -0,09 (correlação negativa), e 0,01 e 0,19 (correlação positiva). Exemplo do intervalo de correlação negativa é a correlação entre casos e testes (-0,22) que pode ser explicado pelas testagens massivas que têm como objetivo controlar a pandemia. Os valores que apresentam baixa correlação variam entre 0,31 e 0,49 (correlação positiva) e apenas um valor é apresentado para a correlação negativa (-0,45). Apesar destas relações a densidade populacional permaneceu no estudo, porque a proximidade entre pessoas constitui uma maior probabilidade de transmitir e contrair a doença, portanto, a variação na densidade populacional entre os diferentes países é um determinante de contágio pela COVID-19. As nações mais ricas provavelmente estão em melhor posição para limitar a propagação de pandemias, pelo que foi considerado importante manter o PIB para compensar as diferenças entre os países devido à riqueza. As outras variáveis também permaneceram no estudo, porque retratam os recursos humanos e físicos necessários à deteção de casos.

O modelo B tem como objetivo avaliar a Eficiência no Tratamento Médico. Portanto, os *inputs* selecionados são: número de casos confirmados, percentagem do PIB em saúde, número de camas hospitalares, número de médicos, número de enfermeiras e percentagem da população acima dos 65 anos (Tabela 3.4).

As camas hospitalares fornecem uma medida dos recursos disponíveis para a prestação de serviços a pacientes internados em hospitais. O total de camas hospitalares inclui camas de cuidados intensivos, camas de reabilitação, camas de longa permanência e outras camas hospitalares (Organization for Economic Co-operation and Development, 2021d). A variável aqui descrita está presente nos seguintes estudos: Afonso e Aubyn (2011), Aydin e Yurdakul (2020), Nepomuceno *et al.* (2020), Ozbugday *et al.* (2020), Retzlaff-Roberts *et al.* (2004) e Zanakis *et al.* (2007).

A percentagem da população acima dos 65 anos representa a população anual acima dos 65 anos com ambos os sexos combinados (Our World in Data, 2020). Um dos fatores de risco de mortalidade mais claramente estabelecido é uma associação positiva

com a idade (Balmford *et al.*, 2020). Os idosos têm maior probabilidade de morrer ao contrair COVID-19 do que os mais jovens. Portanto, os países que incluem uma proporção maior de idosos tendem a relatar um número maior de mortes. Ghasemi *et al.* (2020) e Zanakis *et al.* (2007) também usufruíram desta variável.

O *output* escolhido para o modelo B é o número de mortes confirmadas. Uma morte devido a COVID-19 é definida para fins de vigilância como uma morte resultante de uma doença clinicamente compatível, num caso COVID-19 provável ou confirmado, a menos que haja uma causa alternativa clara de morte que não pode ser relacionada à COVID-19 (e.g. trauma). Não deve haver período de recuperação completa da COVID-19 entre a doença e a morte. Uma morte devido a COVID-19 pode não ser atribuída a outra doença (e.g. cancro) e deve ser contada independentemente de doenças preexistentes que são suspeitas de desencadear um curso grave de COVID-19 (World Health Organization, 2020a). Esta variável pode ser encontrada no estudo de Aydin e Yurdakul (2020), Ghasemi *et al.* (2020) e Shirouyehzad *et al.* (2020).

Tabela 3.6 - Correlação das variáveis do modelo B

	Casos	PIB	Médicos	Enfermeiras	Camas hospitalares	População ≥ 65 anos	Mortes
Casos	1						
PIB	-0,02	1					
Médicos	-0,06	0,40	1				
Enfermeiras	0,20	0,49	0,05	1			
Camas Hospitalares	-0,27	0,00	0,51	-0,03	1		
População ≥ 65 anos	-0,28	0,24	0,26	-0,08	0,31	1	
Mortes	-0,48	-0,01	-0,12	0,10	-0,17	-0,34	1

Fonte: Elaborado pelo autor

PIB – Produto Interno Bruto

Nota:  $p < 0.05$

Na Tabela 3.6 estão apresentados os valores da correlação das variáveis do modelo B que serão classificados tendo em conta a nomenclatura designada pelos seguintes autores: Pearson (1901) e Hinkle *et al.* (2003). Os valores com pouca ou nenhuma correlação variam entre -0,28 e 0 (correlação negativa), e 0 e 0,26 (correlação positiva). Os valores que apresentam baixa correlação variam entre -0,48 e -0,34 (correlação negativa), e 0,31 e 0,49 (correlação positiva). A correlação entre médicos e camas hospitalares apresentam o único valor considerado como correlação moderada positiva

(0,51), indicando uma moderada distribuição de médicos para atender a todos os internados. Apesar de não existirem correlações muito altas, não se justifica a exclusão destas variáveis do modelo.

Em ambos os modelos estão presentes *outputs* indesejáveis, nomeadamente o número de casos confirmados e o número de mortes confirmadas. Os *outputs* indesejáveis devem ser reduzidos para melhorar o desempenho (Zhu, 2014).

Seiford e Zhu (2002) argumentam que existem três casos de invariância sob transformação de dados na metodologia DEA. O primeiro caso é restrito à invariância de classificação, onde as classificações de eficiências e ineficiências são invariantes à transformação de dados. O segundo caso é a invariância de ordenação das DMU menos eficientes. O último caso é a invariância da solução em que o novo modelo DEA deve ser equivalente ao antigo, ou seja, ambos os problemas de programação matemática devem ter exatamente a mesma solução. O presente estudo utiliza apenas o primeiro nível de invariância - invariância de classificação.

Nos modelos DEA convencionais (ou padrão), tais como os modelos de envelope com rendimentos variáveis à escala (VRS), presume-se que os resultados devem ser aumentados e os recursos devem ser diminuídos para melhorar o desempenho ou para atingir a fronteira de melhores práticas. Se tratarmos os *outputs* indesejáveis como *inputs* para que os *outputs* indesejáveis possam ser reduzidos, o modelo DEA resultante não reflete o verdadeiro processo de produção (Zhu, 2014).

Sejam X e Y os *outputs* desejáveis e indesejáveis, respetivamente. O objetivo é aumentar X e diminuir Y para melhorar o desempenho. No entanto, no modelo de envelope VRS orientado para os resultados, tanto X quanto Y devem aumentar para melhorar o desempenho. Uma das soluções seria aumentar os *outputs* desejáveis e diminuir os *outputs* indesejáveis. Para isso seria necessário multiplicar cada *output* indesejável por “-1” e, em seguida, encontrar um valor adequado para permitir que todos os *outputs* indesejáveis negativos sejam positivos. Outra solução é aplicar uma transformação decrescente monótona (e.g.,  $1/x$ ) aos *outputs* indesejáveis e, em seguida,

usar as variáveis adaptadas como *outputs*. Como o uso de transformação linear preserva a convexidade, é uma boa escolha para um modelo DEA (Zhu, 2014).

Amado e Santos (2009) realçam que avaliações de caráter formativo, visando desenvolver um melhor entendimento das estruturas e processos, são mais adequadas para o desenvolvimento de melhores serviços. A avaliação dos sistemas de saúde precisa incluir as necessidades locais, recursos usados, produtos e resultados, e por esta razão, a análise DEA fornece a base de uma metodologia apropriada para comparar diferentes sistemas.

No contexto do modelo BCC, o presente estudo utiliza um método alternativo para lidar com fatores indesejáveis na metodologia DEA. Com base na invariância da classificação BCC, uma transformação decrescente linear monótona é aplicada para tratar os produtos indesejáveis do modelo BCC. Como resultado, a convexidade e a linearidade são preservadas.

Como os governos preferem fornecer cuidados de saúde de alta qualidade a longo prazo, usando a menor quantidade de recursos e os formuladores de políticas têm maior controlo sobre os *inputs* em relação aos *outputs*, é requerida a implementação de um modelo DEA orientado a *input* nesta análise. O modelo orientado a *input* é usado para minimizar as quantidades de recursos necessários no controlo do contágio e no tratamento médico. Presumiu-se VRS, porque ao duplicar os recursos, não seria garantido esperar que os resultados também duplicassem.

Além disso, a medição da eficiência é realizada através de um modelo de Retorno Variável à Escala (VRS, ou seja, BCC). O modelo de Retorno Constante à Escala (CRS, ou seja, CCR) não é aplicado, porque quando se usa um modelo com variáveis em rácio, apenas o modelo BCC produz resultados válidos (Hollingsworth & Smith, 2003). Caso contrário, serão produzidos resultados perversos e tecnicamente incorretos. Na metodologia DEA, o modelo subjacente especificado precisa ser seguido cuidadosamente na prática para que os resultados reflitam o modelo de produção subjacente.

Os *softwares* usados para executar os modelos DEA são o *Efficiency Measurement System* (EMS) 1.3 desenvolvido por Holger Scheel e o *Integrated System for Decision Support* (ISYDS) 3 desenvolvido por Meza, Mello, Neto e Gomes (2005).

A Tabela 3.4 apresenta os modelos DEA utilizado para medir a eficiência técnica dos sistemas de saúde no controlo do contágio e tratamento médico, modelo A e B, respetivamente. Os recursos incidem sobre gastos em saúde, testes realizados, casos confirmados e espaçamento populacional de cada país. No entanto, de momento, não existem dados sobre os outros tipos de despesas de cada país. Assim que estes dados estiverem disponíveis, seria importante incluí-los na análise. Apesar desta limitação, acreditamos que o modelo adotado é adequado, porque os *inputs* selecionados se relacionam com os *outputs* considerados.

A metodologia proposta neste estudo não se destina à classificação de sistemas de saúde para gerar tabelas classificativas, mas, em vez disso, pode ser usada para criar medidas compostas de eficiência que identifica a posição relativa de cada país em relação a um conjunto de melhores práticas.

A intenção desta metodologia é complementar, e não substituir indicadores individuais, na esperança de oferecer uma perspetiva mais ampla sobre a eficiência do sistema de saúde. Mais importante, a metodologia DEA permite que pesos diferenciais sejam atribuídos a indicadores para cada país, permitindo que os países sejam vistos de acordo com os pesos que demonstram o seu melhor desempenho. De acordo com Cylus *et al.* (2015), ao combinar vários indicadores de eficiência numa única medida, os países podem ver se há evidências de eficiência em todo o sistema, como eles se comparam a outros países, quais países são os mais eficientes, pares eficientes e as áreas prioritárias para melhorar a sua classificação.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Modelo A - Controle do Contágio

Como a transmissão da COVID-19 ainda está em progresso, é muito cedo para determinar se algum país terá sucesso efetivo na prevenção. Neste contexto, com o intuito de ajudar a esclarecer por que algumas respostas são mais eficazes, usou-se uma estrutura de duas partes (deteção e tratamento) para avaliar a resposta à pandemia.

A análise de resultados deve ser feita com cautela devido à natureza exploratória desta pesquisa e às limitações dos dados. Apesar disso, os resultados apresentados na Tabela 4.1 destacam alguns aspectos relevantes sobre a eficiência de cada país no controle do contágio da COVID-19.

Tabela 4.1 - Níveis de eficiência padrão do Modelo A - Controle do Contágio

<i>DMU</i>	<i>Pure technical efficiency (%)</i>
<i>Australia</i>	98,53
<i>Austria</i>	82,96
<i>Czechia</i>	100
<i>Denmark</i>	76,41
<i>Estonia</i>	93,57
<i>Finland</i>	100
<i>Germany</i>	85,14
<i>Iceland</i>	76,38
<i>Israel</i>	100
<i>Italy</i>	100
<i>Latvia</i>	100
<i>Lithuania</i>	88,69
<i>Luxembourg</i>	100
<i>New Zealand</i>	93,36
<i>Slovenia</i>	100
<i>Spain</i>	100
<i>Switzerland</i>	76,82
<i>United Kingdom</i>	100
<i>Average</i>	92,88
<i>Standard Deviation</i>	9,29
<i>Max</i>	100
<i>Min</i>	76,38

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tabela 4.1 estão representados os valores da eficiência técnica pura dos países selecionados. A pontuação média de eficiência total dos 18 países é de 92,88%, com desvio padrão de 9,29%, o que indica que há diferenças entre os países e potencial de melhoria em alguns deles. Neste estudo, no controlo do contágio da transmissão de SARS-Cov-2 são classificados como eficiente nove países (Eslovénia, Espanha, Finlândia, Israel, Itália, Letónia, Luxemburgo, Reino Unido e República Checa). O país que apresenta o valor de eficiência mais baixo é a Islândia com 76,38%.

Tabela 4.2 - Pares e lambdas de alguns países (modelo A)

	Czechia	Israel	Latvia	Luxembourg	Slovenia	United Kingdom
<i>Estonia</i>			81	14		5
<i>Germany</i>	1	11				88
<i>Iceland</i>			20	40	40	
<i>New Zealand</i>			7	6	87	
<i>Switzerland</i>	5	28			1	66
<i>Number of times country i is used as a peer</i>	2	4	7	5	4	5

Fonte: Elaborado pelo autor

Valores apresentados em percentagem à exceção da última linha da tabela que apresenta números inteiros

Outra informação interessante fornecida pela metodologia DEA diz respeito à identificação de *benchmarks* para cada um dos países menos eficientes. Os *benchmarks* são unidades classificadas como eficientes ao aplicar a estrutura de peso ideal das unidades menos eficientes em análise. Por exemplo, conforme ilustrado na Tabela 4.2, Alemanha e Suíça, que compartilham várias semelhanças socioculturais e económicas, têm conjuntos semelhantes de referências para a aprendizagem. Estes dois países foram classificados com taxas de eficiência abaixo da média, sugerindo grande potencial de melhoria neste contexto. Por um lado, Suíça alcançou 76,82% em termos de eficiência técnica pura e os seus *benchmarks* para aprendizagem são Reino Unido, Israel, República Checa e Eslovénia. Por outro lado, Alemanha alcançou 85,14% em termos de eficiência técnica pura e os seus *benchmarks* de aprendizagem também são Reino Unido, Israel e República Checa. Desta forma, no desenvolvimento das suas estratégias, políticas e programas para o controlo do contágio, Alemanha e Suíça podem inspirar-se nas políticas e estratégias desenvolvidas por estes países. Estes países foram identificados como referências para a Alemanha e Suíça, porque compartilham semelhanças nas suas

estruturas sociais e económicas, sugerindo que políticas semelhantes podem ser eficazes no combate à COVID-19.

Além das informações sobre os *benchmarks* com os quais os países menos eficientes podem aprender, a Tabela 4.2 também fornece informações úteis para definir as metas a serem alcançadas por estes países. Esta informação está contida nos valores lambda exibidos em cada uma das linhas da Tabela 4.2. Por exemplo, os valores dos lambdas associados à Islândia (ou seja, 0,20, 0,40 e 0,40) representam a proporção dos níveis de serviço da Letónia, Eslovénia e Luxemburgo que a Islândia deve alcançar para se tornar eficiente.

Os valores lambda permitem definir as metas a serem alcançadas por cada país para as diferentes variáveis do controlo do contágio, as quais podem ser visualizadas na Tabela 4.3. A variável espaçamento populacional não foi incluída na tabela, porque os países não têm capacidade para alterar a densidade populacional. As metas definidas para cada país representam os valores que permitiriam cada DMU ser considerada eficiente. No caso em que os números para cada variável diminuem indica o uso menos eficiente de recursos, sugerindo a possibilidade de uma melhoria na alocação dos recursos em utilização no combate à pandemia.

Tabela 4.3 - Metas para atingir a eficiência do controlo do contágio

DMU	Testes	PIB	Médicos	Enfermeiras	Casos
<i>Australia</i>	25.420	9,20	3.215	11.643	272
<i>Austria</i>	42.889	8,47	3.917	5.623	1.873
<i>Czechia</i>	44.840	7,76	4.015	8.022	907
<i>Denmark</i>	62.690	7,66	3.217	7.745	1.935
<i>Estonia</i>	71.718	6,35	3.250	5.512	1.440
<i>Finland</i>	22.576	9,09	3.165	14.076	1.025
<i>Germany</i>	28.273	9,92	2.873	7.407	2.000
<i>Iceland</i>	85.805	6,71	3.094	9.436	5.327
<i>Israel</i>	66.841	7,45	3.359	5.247	1.995
<i>Italy</i>	41.523	8,66	3.969	5.730	3.605
<i>Latvia</i>	62.953	6,26	3.339	4.401	571
<i>Lithuania</i>	92.539	6,03	3.176	7.003	618
<i>Luxembourg</i>	143.174	5,40	2.890	11.351	6.557
<i>New Zealand</i>	47.974	7,95	3.167	9.771	314
<i>Slovenia</i>	40.454	8,26	3.170	10.116	717
<i>Spain</i>	34.774	9,00	4.026	5.876	4.800
<i>Switzerland</i>	36.749	9,33	3.018	7.032	3.596
<i>United Kingdom</i>	23.379	10,25	2.796	7.656	3.104

Fonte: Elaborado pelo autor

Testes, casos, médicos e enfermeiras têm como unidade de medida milhão/habitante;  
 PIB (Produto Interno Bruto) apresenta-se em percentagem.

Conforme apresentado na Tabela 4.2, existem três países que servem de referência para 5 ou mais países, apresentando status de eficiência robusta. Estes países são Letónia, Luxemburgo e Reino Unido. Estes resultados indicam que as políticas e estratégias no controlo de contágio utilizadas por estes países devem ser identificadas a fim de fornecer orientação para outros países.

De forma a determinar se nos resultados do modelo A apresentados anteriormente existem DMU falsas-eficientes, utilizou-se a fronteira de eficiência padrão e a fronteira invertida para obter os níveis de eficiência composta apresentados na Tabela 4.4.

Nenhum país atinge a eficiência máxima composta. A Eslovénia e a Letónia atingem valores de 1 (ou muito próximo) de eficiência composta normalizada, representando deste modo os países mais consistentes nos níveis de eficiência. A Finlândia e a República Checa também apresentam valores de eficiência composta normalizada acima dos 85%. Destaque-se também a Estónia e a Nova Zelândia, que

embora não atinjam o valor máximo de eficiência padrão, apresentam valores bastante elevados nos diversos modelos. Com base nos resultados da fronteira invertida, Espanha, Itália, Luxemburgo e Reino Unido, consideradas eficientes na fronteira padrão, são classificadas como falsas-eficientes, apresentando efetivamente valores relativamente baixos (76%) de eficiência composta normalizada.

A Espanha, Itália, Luxemburgo e Reino Unido são exemplos de que é possível a existência de uma DMU em simultâneo nas duas fronteiras, ou seja, são consideradas eficientes na fronteira DEA e menos eficientes na fronteira IDEA, logo encontram-se localizadas nos pontos extremos das fronteiras.

Note-se que, existem mais países na fronteira invertida (11) do que na fronteira padrão (9). Tal revela uma maior facilidade na identificação de países menos eficientes, relativamente aos países eficientes, o que demonstra efetivamente a grande dificuldade de lidar com esta pandemia e respetivas consequências.

Tabela 4.4 - Níveis de eficiência invertida e composta do Modelo A - Controlo do Contágio

<i>DMU</i>	<i>Eficiência Padrão</i>	<i>Eficiência Invertida</i>	<i>Eficiência Composta</i>	<i>Eficiência Composta Normalizada</i>
<i>Australia</i>	99	100	49	75
<i>Austria</i>	83	100	41	63
<i>Czechia</i>	100	82	59	90
<i>Denmark</i>	76	100	38	58
<i>Estonia</i>	94	73	60	92
<i>Finland</i>	100	83	59	89
<i>Germany</i>	85	100	43	65
<i>Iceland</i>	76	100	38	58
<i>Israel</i>	100	99	50	77
<i>Italy</i>	100	100	50	76
<i>Latvia</i>	100	69	66	100
<i>Lithuania</i>	89	100	44	68
<i>Luxembourg</i>	100	100	50	76
<i>New Zealand</i>	93	82	56	85
<i>Slovenia</i>	100	71	64	98
<i>Spain</i>	100	100	50	76
<i>Switzerland</i>	77	100	38	59
<i>United Kingdom</i>	100	100	50	76

Fonte: Elaborado pelo autor

Valores apresentados em percentagem

Além disso, os resultados constituem uma fonte valiosa de informações para formuladores de políticas, planejadores de programas, gerentes e implementadores. Ao identificar as melhores práticas, o estudo aponta os países cujas estratégias de controle do contágio devem ser investigadas a fim de desenvolver estratégias sólidas que possam ser replicadas nas nações onde as estratégias para o controle de contágio têm sido menos bem-sucedidas.

## 4.2. Modelo B - Tratamento Médico

Os resultados apresentados na Tabela 4.5 destacam alguns aspectos relevantes sobre a eficiência de cada país no tratamento médico à COVID-19.

Tabela 4.5 - Níveis de eficiência padrão do Modelo B – Tratamento Médico

<i>DMU</i>	<i>Pure technical efficiency (%)</i>
<i>Australia</i>	100
<i>Austria</i>	78,53
<i>Czechia</i>	90,12
<i>Denmark</i>	100
<i>Estonia</i>	98,81
<i>Finland</i>	99,97
<i>Germany</i>	75,27
<i>Iceland</i>	95,83
<i>Israel</i>	100
<i>Italy</i>	96,72
<i>Latvia</i>	100
<i>Lithuania</i>	97,09
<i>Luxembourg</i>	100
<i>New Zealand</i>	100
<i>Slovenia</i>	100
<i>Spain</i>	99,23
<i>Switzerland</i>	74,05
<i>United Kingdom</i>	100
<i>Average</i>	94,76
<i>Standard Deviation</i>	9,03
<i>Max</i>	100
<i>Min</i>	74,05

Fonte: Elaborado pelo autor

A pontuação média de eficiência total dos 18 países é de 94,76%, com desvio padrão de 9,03%, o que indica que há diferenças entre os países e potencial de melhoria em alguns deles. Neste estudo, no tratamento médico à COVID-19 são classificados como eficiente oito países (Austrália, Dinamarca, Eslovénia, Israel, Letónia, Luxemburgo, Nova Zelândia e Reino Unido). O país que apresenta o valor de eficiência mais baixo é a Suíça com 74,05%.

Tabela 4.6 - Pares e lambdas de alguns países (modelo B)

	Australia	Israel	Latvia	New Zealand	Slovenia	United Kingdom
Czechia	16	21	63			
Germany		32		32	15	21
Italy		88				12
Lithuania	10	4	86			
Spain		76				24
Number of times country i is used as a peer	2	9	4	4	2	5

Fonte: Elaborado pelo autor

Valores apresentados em percentagem à exceção da última linha da tabela que apresenta números inteiros

Na Tabela 4.6 pode-se observar a identificação de *benchmarks* para cada um dos países menos eficientes. A Alemanha e a República Checa foram classificados com taxas de eficiência abaixo da média, sugerindo grande potencial de melhoria neste contexto. Por um lado, a Alemanha alcançou 75,27% em termos de eficiência técnica pura e os seu *benchmark* para aprendizagem são Israel, Nova Zelândia, Reino Unido e Eslovénia. Por outro lado, a República Checa alcançou 90,12% em termos de eficiência técnica pura e os seus *benchmarks* de aprendizagem são Letónia, Israel e Austrália. No desenvolvimento das suas estratégias, políticas e programas para o tratamento médico, a Alemanha e a República Checa podem se inspirar nas políticas e estratégias desenvolvidas pelos seus *benchmarks*.

A Tabela 4.6 também fornece informações úteis para definir as metas a serem alcançadas por estes países. Os valores dos lambdas associados a Itália (ou seja, 0,12 e 0,88) representam a proporção dos níveis de serviço de Israel e Reino Unido que a Itália deve alcançar para se tornar eficiente.

Os valores lambda permitem definir as metas a serem alcançadas por cada país para as diferentes variáveis do tratamento médico, as quais podem ser visualizadas na Tabela 4.7. A variável população  $\geq 65$  anos não foi incluída na tabela, porque é considerado um *input* não discricionário. Os números para cada variável diminuem o que indica o uso menos eficiente de recursos, indicando a possibilidade de uma melhoria na alocação dos recursos em utilização no combate à pandemia.

Tabela 4.7 - Metas para atingir a eficiência do tratamento médico

DMU	Casos	PIB	Médicos	Enfermeiras	Camas hospitalares	Mortes
<i>Australia</i>	272	9,33	3.714	11.816	3.683	4
<i>Austria</i>	1.471	7,21	3.355	5.323	3.802	19
<i>Czechia</i>	818	7,00	3.403	5.764	4.747	11
<i>Denmark</i>	1.935	10,03	4.210	10.137	2.439	95
<i>Estonia</i>	1.423	6,71	3.327	5.061	4.505	20
<i>Finland</i>	1.025	8,89	3.164	9.780	3.600	14
<i>Germany</i>	1.505	8,77	3.221	8.157	3.017	12
<i>Iceland</i>	1.563	8,42	3.533	7.505	2.866	14
<i>Israel</i>	1.995	7,45	3.359	5.247	3.111	34
<i>Italy</i>	2.130	7,80	3.290	5.542	3.031	45
<i>Latvia</i>	571	6,26	3.339	4.401	5.552	14
<i>Lithuania</i>	600	6,61	3.376	5.161	5.269	11
<i>Luxembourg</i>	6.557	5,40	2.890	11.351	4.448	179
<i>New Zealand</i>	314	9,32	3.392	10.466	2.656	5
<i>Slovenia</i>	717	8,26	3.170	10.116	4.417	52
<i>Spain</i>	2.263	8,13	3.223	5.831	2.952	46
<i>Switzerland</i>	2.663	7,93	3.184	6.360	3.075	41
<i>United Kingdom</i>	3.104	10,25	2.796	7.656	2.456	463

Fonte: Elaborado pelo autor

Casos, mortes, médicos, enfermeiras e camas hospitalares têm como unidade de medida milhão/habitante;

PIB (Produto Interno Bruto) apresenta-se em porcentagem.

Conforme apresentado na Tabela 4.6, há quatro países que servem de referência para 4 ou mais países, apresentando status de eficiência robusta. Estes países são: Israel, Letônia, Nova Zelândia e Reino Unido. Estes resultados indicam que as políticas e estratégias de prestação de serviços utilizadas por estes países devem ser identificadas a fim de fornecer orientação para outros países.

De forma a determinar se nos resultados do modelo B apresentados anteriormente existem DMU falsas-eficientes, utilizou-se a fronteira de eficiência padrão e a fronteira invertida para obter os níveis de eficiência composta apresentados na Tabela 4.8.

Também neste modelo nenhum país regista o valor máximo de eficiência composta. Israel regista uma elevada eficiência composta, tendo sido o único país a atingir o valor máximo de eficiência composta normalizada.

A Austrália (90%) e a Nova Zelândia (93%) apresentam valores elevados na fronteira composta normalizada. A Finlândia, Luxemburgo e Reino Unido consideradas eficientes na fronteira padrão, apresentam um valor de eficiência composta normalizada relativamente baixo (77%).

Tabela 4.8 - Níveis de eficiência invertida e composta do Modelo B – Tratamento Médico

DMU	Eficiência Padrão	Eficiência Invertida	Eficiência Composta	Eficiência Composta Normalizada
<i>Australia</i>	100	83	59	90
<i>Austria</i>	79	100	39	61
<i>Czechia</i>	90	93	49	75
<i>Denmark</i>	100	95	53	81
<i>Estonia</i>	99	90	54	84
<i>Finland</i>	100	100	50	77
<i>Germany</i>	75	100	38	58
<i>Iceland</i>	96	100	48	74
<i>Israel</i>	100	70	65	100
<i>Italy</i>	97	100	48	75
<i>Latvia</i>	100	92	54	84
<i>Lithuania</i>	97	99	49	76
<i>Luxembourg</i>	100	100	50	77
<i>New Zealand</i>	100	79	61	93
<i>Slovenia</i>	100	92	54	83
<i>Spain</i>	99	100	50	76
<i>Switzerland</i>	74	100	37	57
<i>United Kingdom</i>	100	100	50	77

Fonte: Elaborado pelo autor  
Valores apresentados em percentagem

Os resultados apresentados anteriormente corroboram com algumas conclusões relatadas na literatura e destacam alguns aspetos relevantes sobre a eficiência de cada país no controlo do contágio e no tratamento médico da COVID-19.

### **4.3. Discussão dos principais resultados**

Neste estudo, a Austrália vai ao encontro das conclusões do estudo realizado por Zanakis *et al.* (2007), em que encontraram evidências de que países com menor densidade populacional conseguem fornecer melhor desempenho do sistema de saúde sem, necessariamente, maior PIB.

A Alemanha gasta aproximadamente 12% do PIB em cuidados de saúde. Como resultado, a capacidade do sistema de saúde da Alemanha é considerada muito alta. Segundo Wieler *et al.* (2020) a Alemanha tem o maior número de camas hospitalares e um setor robusto de laboratórios privados e públicos, dos quais aproximadamente 200 indicam capacidade para a realização de testes ao SARS-CoV-2. Contudo, a Suíça é o país da amostra que gasta uma maior percentagem do PIB em cuidados de saúde. Apesar de não usufruir de um maior número de camas, dispõe de um maior número de médicos e enfermeiras em relação à Alemanha.

A Tabela 4.9 apresenta o número de testes, casos e mortes por milhão de habitantes que são oficialmente registados como causados pela COVID-19, em todos os países seleccionados até ao centésimo dia após o primeiro caso confirmado.

Tabela 4.9 - Estatística descritiva para as variáveis: número de testes, casos e mortes

DMU	Tests per million	Cases per million	Deaths per million
<i>Australia</i>	25.799	272	4
<i>Austria</i>	51.698	1.873	75
<i>Czechia</i>	44.840	907	31
<i>Denmark</i>	82.045	1.935	95
<i>Estonia</i>	76.646	1.440	52
<i>Finland</i>	22.576	1.025	46
<i>Germany</i>	33.208	2.000	84
<i>Iceland</i>	185.115	5.327	29
<i>Israel</i>	66.841	1.995	34
<i>Italy</i>	41.523	3.605	502
<i>Latvia</i>	62.953	571	14
<i>Lithuania</i>	115.720	618	26
<i>Luxembourg</i>	143.174	6.557	179
<i>New Zealand</i>	60.363	314	5
<i>Slovenia</i>	40.454	717	52
<i>Spain</i>	34.774	4.800	570
<i>Switzerland</i>	47.837	3.596	224
<i>United Kingdom</i>	23.379	3.104	463
<i>Average</i>	64.386	2.259	138
<i>Standard Deviation</i>	43.781	1.859	182
<i>Max</i>	185.115	6.557	570
<i>Min</i>	22.576	272	4

Fonte: Elaborado pelo autor  
Valores apresentados por milhão de habitantes

Existem muitas tecnologias para testes à COVID-19, algumas atualmente disponíveis e outras ainda em desenvolvimento. De forma geral, pode-se dividir estes diferentes testes em dois tipos: teste de reação em cadeia da polimerase (*Polymerase Chain Reaction* - PCR) e testes rápidos imunocromatográficos. Os testes de PCR detetam a presença do material genético do vírus em quantidades mínimas, daí serem designados com mais sensíveis e confirmatórios. Os testes rápidos dividem-se em antigénio e anticorpo, e tornaram-se comumente usados em muitos países, especialmente para testagens em massa. Testes de antigénio detetam se o indivíduo possui o vírus, mas necessita de quantidades maiores de material genético que o teste PCR para ser detetado, enquanto aqueles que testam a presença de anticorpos têm como objetivo estabelecer se um indivíduo foi infetado em algum momento no passado (Ritchie *et al.*, 2020b).

Foram incluídos neste estudo apenas os testes de PCR e antigénio, pois o foco é utilizar dados de teste para ajudar a interpretar adequadamente os dados que temos sobre casos confirmados e mortes. A confirmação dos casos geralmente é baseada num resultado positivo de um teste de PCR e/ou um teste de antigénio; desta forma, incluir testes de anticorpos não seria apropriado.

No caso em que os países fornecem números de testes desagregados para diferentes tecnologias de teste, incluiu-se apenas testes de PCR neste conjunto de dados. Atualmente, poucos países declaram explicitamente a tecnologia de teste à qual os seus números se referem. No entanto, muitos países referem-se aos seus números de teste como relacionados a testes de "laboratório", "diagnóstico" ou "*swab*". Em geral, isso é uma indicação de que os números se relacionam aos testes de PCR, particularmente no contexto de que esta tecnologia continua sendo a base recomendada pela WHO para a confirmação do caso (World Health Organization, 2020b).

Na análise dos resultados deve-se ter em conta que nenhum país sabe o número total de pessoas infetadas com COVID-19. Apenas têm conhecimento das pessoas testadas, o que indica que as contagens de casos confirmados dependem da capacidade de testagem de cada país. Desta forma, é preciso ter cautela quando se analisa o número de casos confirmados, pois uma baixa testagem também implica um número baixo de pessoas infetadas pela COVID-19. Para poder monitorizar adequadamente a propagação do vírus, países com surtos mais difundidos precisam fazer mais testes (Hasell *et al.*, 2020).

A Islândia realizou muito mais testes do que qualquer outro país da OCDE, atingindo os 185.115 testes por milhão de habitantes. A média de testes nos países selecionados é de 64.386 testes por milhão de habitantes.

Por outro lado, quando o número de casos confirmados é alto em relação à testagem, isso sugere que pode não haver testes suficientes sendo realizados para monitorizar adequadamente o surto. Nestes países, o número real de infeções pode ser muito maior do que o número de casos confirmados. Os países com a maior proporção de

testes, em relação aos casos confirmados, provavelmente terão um conhecimento mais preciso dos casos totais e não apenas dos casos confirmados (Ritchie *et al.*, 2020b).

No início de um surto, a possibilidade de contenção aumenta se a testagem for feita com frequência e houver um seguimento dos contactos. No entanto, uma vez que a transmissão comunitária é generalizada e a contenção não é mais possível, as medidas de toda a população para reduzir a transmissão são menos dependentes da testagem. Se estas medidas forem bem-sucedidas na redução da disseminação, a descoberta de casos e o seguimento de contactos eventualmente tornam-se viáveis novamente, e os testes generalizados novamente se tornam críticos (Ritchie *et al.*, 2020a).

Wieler, Rexroth e Gottschalk (2020) alega que a Alemanha não preveniu o surto de COVID-19, mas que os protocolos de prevenção em vigor facilitaram a resposta do país ao surto. Estes protocolos incluíram o estabelecimento precoce de capacidades de teste, altos níveis de teste e uma estratégia de contenção eficaz entre as pessoas idosas, o que pode explicar por que a Alemanha tem uma taxa de mortalidade muito menor do que países comparáveis. Este estudo corrobora estas conclusões, visto que a Alemanha se encontra abaixo da média (4,19%).

Alemanha mostrou que o ambiente propício incrivelmente forte do país, incluindo um bom sistema público e de saúde local e instituições científicas especializadas, contribuiu em grande parte para este amplo progresso. Wieler *et al.* (2020) menciona que existiu um uso eficiente da capacidade hospitalar do país. Contudo, os resultados deste estudo indicam o contrário, com uma pontuação de eficiência abaixo da média, nomeadamente, com um valor de 85,14% no controlo do contágio e 75,27% no tratamento médico.

De acordo com Wieler *et al.* (2020), na Alemanha, os primeiros surtos afetaram turistas, festivais e locais de trabalho e não primeiramente lares de idosos, o que pode ter ajudado a limitar infeções e mortes entre pessoas idosas. De acordo com as diretrizes nacionais dos países da amostra, os casos recuperados de COVID-19, que se referem a casas de repouso, devem ter testado negativo ou ter sido submetidos a quarentena numa

área de isolamento por 14 dias. Além disso, orientações específicas são fornecidas às casas de repouso sobre medidas de higiene e protocolos para lidar com casos suspeitos e confirmados, bem como surtos. Os idosos também foram testados com mais frequência do que as faixas etárias mais jovens.

Outra circunstância a ter em consideração é que algumas estratégias de testagem se concentram em grupos de alto risco, como profissionais de saúde ou locais de alto risco, como lares de idosos. Estratégias que se concentram naqueles com maior risco, resultarão num menor número de testes realizados por caso confirmado, o que significa que os países saberão menos sobre a verdadeira magnitude do surto na comunidade em geral.

Em relação aos esforços para produzir dados em tempo oportuno, os números oficiais de testes estão sujeitos a revisões retrospectivas frequentes. Isso pode ocorrer, por exemplo, quando alguns laboratórios têm atrasos de notificação mais longos do que outros, e testes não contados anteriormente são posteriormente incluídos (Ritchie *et al.*, 2020a).

Os testes são uma das ferramentas mais importantes na luta para retardar e reduzir a propagação e o impacto do vírus. Os testes permitem identificar os indivíduos infectados e fornecer o tratamento médico mais adequado e, conseqüentemente, contribuem para o isolamento das pessoas infectadas e o seguimento e quarentena dos seus contactos, permitindo uma alocação de recursos mais eficiente.

O número de casos depende da capacidade e estratégia da testagem de cada país. Um número baixo de casos pode revelar contenção bem-sucedida ou pode indicar uma incapacidade ou escolha de não testar amplamente. Um aumento súbito pode indicar altos níveis de transmissão, um rápido aumento na capacidade de teste ou uma mudança na estratégia de teste para incluir, por exemplo, pessoas assintomáticas ou levemente doentes.

Tabela 4.10 – Taxa e relação inversa do número de casos e mortes

DMU	Positive rate	Number of tests/positive	Death rate	Number of positive/death
<i>Australia</i>	1,05	95	1,40	71
<i>Austria</i>	3,62	28	3,99	25
<i>Czech Republic</i>	2,02	49	3,38	30
<i>Denmark</i>	2,36	42	4,91	20
<i>Estonia</i>	1,88	53	3,61	28
<i>Finland</i>	4,54	22	4,49	22
<i>Germany</i>	6,02	17	4,19	24
<i>Iceland</i>	2,88	35	0,55	181
<i>Israel</i>	2,98	34	1,69	59
<i>Italy</i>	8,68	12	13,93	7
<i>Latvia</i>	0,91	110	2,39	42
<i>Lithuania</i>	0,53	187	4,16	24
<i>Luxembourg</i>	4,58	22	2,72	37
<i>New Zealand</i>	0,52	192	1,46	68
<i>Slovenia</i>	1,77	56	7,32	14
<i>Spain</i>	13,80	7	11,87	8
<i>Switzerland</i>	7,52	13	6,22	16
<i>United Kingdom</i>	13,28	8	14,91	7
<i>Average</i>	4,38	55	5,18	38
<i>Standard Deviation</i>	4,05	57	4,25	41
<i>Max</i>	13,80	192	14,91	181
<i>Min</i>	0,52	7	0,55	7

Fonte: Elaborado pelo autor

Taxa é apresentada em percentagem;

Relação inversa é apresentada por números inteiros.

Ritchie *et al.* (2020b) argumentam que a Austrália tem uma taxa de casos positivos de aproximadamente 1% porque realiza centenas de testes para cada caso detetado, o que vai ao encontro dos resultados obtidos neste estudo. Com um valor inferior a 1% temos a Letónia que também pertence ao grupo dos países eficientes no controlo do contágio. Outros países que obtenham taxas positivas superiores indicam que fazem poucos testes por caso detetado. É improvável que países que fazem poucos testes por caso confirmado consigam encontrar todos os infetados. A WHO sugeriu como referência geral de testes adequados e como indicador de que a pandemia está sob controlo num país, uma taxa positiva inferior a 5% (World Health Organization, 2020c). Na Tabela 4.10 observa-se que dos países selecionados, a maioria tem uma taxa positiva inferior à recomendada pela WHO, com uma pontuação média de 4,38%, porém Espanha e Reino Unido ultrapassam o valor aconselhado de forma distinta.

Uma capacidade de testagem limitada torna possível que muitos casos sejam perdidos, a taxa positiva também pode ajudar a entender a propagação do vírus. Em países com alta taxa positiva, é provável que o número de casos confirmados represente apenas uma pequena fração do número real de infecções. E quando a taxa positiva está a aumentar num país, isso pode sugerir que o vírus está realmente a disseminar-se mais rápido do que o crescimento observado em casos confirmados.

Outra informação que se pode encontrar através dos dados da taxa positiva é o número de testes que um país faz para encontrar um caso positivo COVID-19. Somente é necessário fazer o inverso dos dados sobre a taxa positiva. É improvável que países que façam muito poucos testes por caso confirmado estejam a testar amplamente o suficiente para encontrar todos os casos. Portanto, a WHO sugeriu cerca de 10 a 30 testes por caso confirmado como referência geral de testes adequados (World Health Organization, 2020d). Os únicos países deste estudo que não cumprem o valor mínimo de referência são: Espanha e Reino Unido. A Nova Zelândia é o país que fez mais testes por caso positivo atingindo o valor de 192 testes.

Um ponto a ter em consideração no cálculo da taxa positiva é o método de contagem dos testes. Se a contagem só indicar as novas pessoas testadas é problemático na medida em que subestima a quantidade de testes que ocorrem. Comparar estes números com o número de casos confirmados é incorreto. Ou seja, faria com que a taxa positiva parecesse maior.

Países com uma menor proporção de mortes por caso confirmado têm respostas mais eficazes durante a fase de tratamento. A Islândia apresenta 181 casos confirmados por morte, tornando-se um dos países com maior eficácia no tratamento médico. Em países onde os sistemas de saúde não conseguiram atender ao aumento da procura por cuidados, a proporção pode aumentar, embora não se consiga determinar se isso aconteceu a partir deste conjunto de dados.

Diante disso, a taxa de mortalidade relatada no Reino Unido é a mais elevada, superando até a de Itália que experienciou os primeiros surtos antes de ser declarada a

pandemia. Estes resultados são a favor dos achados de Balmford *et al.* (2020) que indicam que o Reino Unido possui a taxa de mortalidade mais elevada dos países da OCDE.

Como as pessoas mais velhas são mais propensas do que as mais jovens a morrer pela COVID-19, os países com maior número de habitantes  $\geq 65$  anos têm um risco acrescido (Singh & Adhikari, 2020). O maior sucesso da Alemanha tem sido a transmissão relativamente limitada em instituições de cuidados prolongados. A baixa taxa comparável de infecção entre a população alemã  $\geq 65$  anos é provavelmente um fator de origem da sua taxa de mortalidade relativamente baixa. A Alemanha é o terceiro país deste estudo com mais população idosa e apenas apresenta 84 mortes por milhão de habitantes.

Considerando o contexto, no entanto, é especialmente importante garantir uma boa interpretação dos dados. Em países muito grandes, a evolução da pandemia pode variar entre diferentes cidades e regiões. Alguns surtos podem ser contidos com sucesso, enquanto outros não. Estes dados não mostram a capacidade de teste a nível regional.

Constatam-se várias limitações para o processo de comparação entre países. A dinâmica da pandemia de COVID-19 é diferente em cada país, está a evoluir em ritmos diferentes e, às vezes, depende de fatores além do controlo do próprio país. Estes fatores incluem a densidade populacional e os padrões de dispersão geográfica, o número de fronteiras compartilhadas com outros países, o número de pontos de entrada de viagens aéreas e terrestres e o volume de turistas e comércio (Hazen, 2020). Por exemplo, os desafios de controlar um surto num país isolado como a Nova Zelândia são muito diferentes aos da Suíça, um país no coração geográfico da Europa, que compartilha fronteiras terrestres com cinco países.

Na comparação entre estudos é necessária especial atenção no que se refere à comparabilidade dos dados ao longo do tempo, porque nem todos os laboratórios foram incluídos nas estimativas nacionais desde o início. Sempre que novos laboratórios são incluídos, o total acumulativo passado é adicionado no dia em que começam a relatar, criando picos na sequência temporal.

Outro tópico muito debatido por vários autores em relação à COVID-19 são a eficácia dos bloqueios, os quais têm como objetivo promover o distanciamento social para reduzir a aglomeração da população e a disseminação de doenças. Segundo os resultados de Balmford *et al.* (2020) pode-se observar uma separação clara entre a Alemanha, que entrou rapidamente em bloqueio e controlou rapidamente o crescimento do vírus, e países como o Reino Unido e a Espanha, onde o bloqueio foi atrasado, resultar num aumento de casos. Esta observação vai contra os resultados deste estudo, porque destes 3 países aqui mencionados, a Espanha e o Reino Unido foram os países mais eficientes na utilização dos seus recursos no controlo do contágio. Para além disso, a Espanha também foi o primeiro deles a implementar o bloqueio. Contudo, estes dados não indicam necessariamente que um bloqueio precoce indique uma melhor resposta no controlo do contágio. Exemplo disso é a Áustria, que demorou menos de metade dos dias a estabelecer um bloqueio, mas continua a ter um valor de eficiência inferior ao da Espanha. É de salientar que embora a maioria dos países tenha optado por implementar uma resposta política relativamente semelhante, eles fizeram-no com níveis de rigidez diferentes.

É de referir que os dados provenientes da China foram disponibilizados com antecedência às autoridades europeias, o que permitiu mais tempo para preparar uma resposta informada e coordenada ao surto que se aproximava. O bloqueio anterior na China parece ter limitado significativamente o impacto da pandemia de COVID-19. Em concordância com Kévorkian, Grenet e Gallée (2020), o tempo perdido nos países europeus para iniciar um nível semelhante de ação, infelizmente, resultou num número de mortos superior em relação ao surto na China.

O padrão de tempo é semelhante na adoção de intervenções de saúde, mas oculta variações nacionais significativas no momento de respostas específicas. Itália adotou medidas menos rígidas que a Espanha, contudo demorou menos tempo na implementação do bloqueio.

Os governos tinham de decidir continuamente quando era o momento certo para introduzir um bloqueio à medida que a pandemia se desenvolvia. A antecipação dos bloqueios teria salvo mais vidas, mas provavelmente importaria maiores custos imediatos à

economia. Da mesma forma, atrasar o bloqueio também retarda o ponto em que um governo se torna moral ou legalmente responsável por lidar com os custos que tais restrições impõem aos negócios. Portanto, a expectativa era de que o bloqueio antecipado significasse maior custo financeiro. Balmford *et al.* (2020) argumenta que aparentemente os governos podem ter estado errados ao fazer esta suposição, já que bloqueios antecipados de longo prazo realmente parecem estar associados a uma redução geral da duração do bloqueio, que por sua vez resulta em custos económicos de longo prazo mais baixos. Neste estudo, o país mais rápido a impor um bloqueio foi a República Checa, com uma pontuação de eficiência de 100% no controlo do contágio.

Segundo Balmford *et al.* (2020) a data escolhida para o bloqueio revela as preferências do governo em relação ao *trade-off* entre mortes evitadas e perdas do PIB. Em relação à data de bloqueio escolhida, um bloqueio posterior custaria mais vidas, mas reduziria o impacto financeiro. Bloqueios antecipados teriam tido o efeito inverso, salvando mais vidas, mas com um custo maior para a economia. Ao escolher não entrar no bloqueio mais cedo, o governo rejeitou o custo financeiro mais alto do bloqueio antecipado a favor de mais mortes.

Contudo, segundo os resultados deste estudo não podemos concordar que um bloqueio rápido implique um menor número de mortes. Como exemplos temos a Austrália que impôs o bloqueio ao fim de 68 dias e apenas registou 4 mortes, obtendo uma pontuação de eficiência de 98,53% no controlo de contágio e a República Checa com um bloqueio imposto em 15 dias e um registo de 31 mortes pela COVID-19.

Conforme mencionado, e considerado em maior detalhe posteriormente, as estimativas oficiais provavelmente subestimam as mortes causadas pela COVID-19. O método de contagem está longe de ser consistente entre os países. Enquanto quase todos os países contaram apenas mortes que foram confirmadas como ligadas à COVID-19, a Bélgica adota uma abordagem muito mais ampla, incluindo também mortes em que a COVID-19 é apenas suspeita como um fator contribuinte. Na análise de dados deteta-se um número bastante elevado para a Bélgica, em comparação com os outros países, atingindo o valor de 766 mortes por milhão de habitantes. Isso resulta em taxas de mortalidade muito mais altas. Concordando com Balmford *et al.* (2020), a abordagem

belga pode fornecer um quadro mais preciso da mortalidade da COVID-19, porém não pode ser incluída neste estudo devido à alteração que provocaria na fronteira de melhores práticas.

De acordo com Kennedy *et al.* (2020) o número de mortes pode ser uma medida mais consistente do que o número de casos, porque é menos provável que varie com a capacidade ou estratégia de teste. No entanto, fazer comparações internacionais pode ser difícil. Uma desvantagem do uso de dados sobre mortes é que eles dependem, em certa medida, da demografia de um determinado país. Ou seja, países com muitos idosos tendem a ter mais mortes por COVID-19 per capita. Além disso, as taxas de mortalidade também podem depender do acesso a cuidados de saúde de alta qualidade num determinado país. Neste estudo, o país com o maior número de população idosa é a Itália. Porém, a Espanha é que detém o maior número de mortes.

De acordo com Capano *et al.* (2020) a pandemia causou uma sobrecarga nas unidades de saúde e para aliviar a pressão causada pelos grandes aumentos esperados no número de pacientes, os países classificaram os hospitais como exclusivos COVID-19. A intenção é aumentar a capacidade de teste, mobilizar mais profissionais de saúde, utilizar meios informáticos para manter os casos não COVID-19 longe dos hospitais, de modo a fornecer uma proteção acrescida aos profissionais de saúde e reduzir a disseminação da doença. Além disso, para reforçar o tratamento médico, alguns governos proibiram a exportação de produtos essenciais, coordenados com as indústrias nacionais para criar cadeias de abastecimento locais, aquisição e distribuição controlada de equipamentos de proteção individual (EPI) e facilitaram a importação de equipamentos médicos. Após a proibição da exportação, muitos países sem produção nacional tiveram muitos problemas na gestão de *stock* devido à procura elevada.

Na Alemanha por exemplo, apesar de um grande número de camas hospitalares e planeamento cuidadoso para que as unidades de cuidados intensivos não fossem excessivamente ocupadas, os profissionais de saúde tiveram que lidar com a escassez dos EPI.

A maioria dos governos percebeu que algumas intervenções políticas eram necessárias. Isso foi feito para tentar evitar muitas mortes prematuras pela própria doença e também para evitar hospitais e unidades de cuidados intensivos com pacientes infectados que, por sua vez, resultariam em mais mortes indiretas entre as pessoas afetadas por doenças não COVID-19, que encontrariam dificuldades para receber os tratamentos necessários. Estas possibilidades levaram muitos países a apelos por ação pública para reduzir o crescimento exponencial da doença por todos os meios possíveis. Os países mais eficientes no tratamento médico foram a Austrália, Dinamarca, Eslovênia, Israel, Letônia, Luxemburgo, Nova Zelândia e Reino Unido.

Os resultados dos modelos podem ser usados para identificar o potencial de redução do número de profissionais de saúde dedicados à pandemia. Deste modo, permitiria aumentar a resposta à pandemia ou disponibilizar mais profissionais de saúde para doentes não COVID-19.

A melhoria do desempenho das unidades de saúde tem sido procurada por todo o mundo e com o surgimento da pandemia revelou-se uma necessidade acrescida. Embora tenha havido algum progresso no desenvolvimento de técnicas e modelos, a utilização dos resultados para melhorar o desempenho das unidades de saúde ainda é um grande desafio.

Capano *et al.* (2020) argumentam que as duas dimensões de capacidade (preparação e experiência passada), tiveram impacto nos líderes e tomadores de decisão em sistemas diferentes, de maneiras diferentes, dependendo da configuração destes fatores. Acrescentaram ainda que os governos que estavam preparados para pandemias devido a experiências anteriores semelhantes recentes, como os países asiáticos que lidaram com a SARS-CoV-1, *Influenza A* subtipo H1N1 (H1N1) e MERS-CoV, eram mais prováveis de ter sido prudentes e ter um nível de confiança na capacidade dos seus sistemas de saúde e financeiros existentes para lidar com novas doenças. Confirma-se através deste estudo que a preparação e experiências passadas que Israel adquiriu com outras epidemias tornaram o país mais eficiente no tratamento médico. Ou seja, Israel não obteve uma pontuação de eficiência no controlo de contágio o que indica a dificuldade de lidar com uma pandemia.

O Canadá possui um sistema bancário e de saúde bem preparado para responder à crise, mas tem pontos fracos no seu sistema, principalmente em torno de instalações de cuidados de longo prazo mal regulamentadas. Estes mostraram-se especialmente suscetíveis a surtos da doença. Capano *et al.* (2020) demonstram que embora o estilo normal da política canadiana limite as respostas nacionais às crises, as lições tiradas dos casos SARS-CoV-1 e H1N1 enfatizaram a necessidade de coordenação e recursos a serem realizados em situações de crise e que estas lições foram colocadas em prática na gestão eficaz da crise COVID-19, embora de forma imperfeita.

Contudo, experiências anteriores também deixam hábitos valiosos. O simples uso de máscaras, que passou a ser algo banal em determinados países, para os países europeus gerou alguma controvérsia. As máscaras FFP2 são eficazes para proteger o indivíduo e a comunidade dos indivíduos infetados, reduzindo o potencial de transmissão de partículas virais. Para muitos no continente asiático, usar máscara sempre que alguém tem uma doença respiratória tornou-se uma medida de boa educação, principalmente devido aos recentes surtos.

Embora muitos países estejam seguindo estratégias relativamente semelhantes de distanciamento social para controlar a doença, a abordagem escolhida por cada um demonstra variações significativas. Hazen (2020) alega que os governos da Europa e dos EUA foram mais lentos no aumento da rigidez da sua resposta, concentrando-se primeiro em tentar identificar e conter os casos antes de passar para estratégias de distanciamento social mais amplas. Uma preocupação acrescida na necessidade de obter justificações fortes para restringir as liberdades civis. Diferentes abordagens usadas nas aplicações de rastreio, destacam esta diferença de atitudes em relação ao papel do governo numa crise de saúde pública, em que algumas culturas se mostram muito mais dispostas a sacrificar as liberdades civis, face a uma pandemia do que outras. Estas diferentes abordagens culturais e políticas à COVID-19 também estão a ser demonstradas através de protestos contra as medidas de distanciamento social.

A qualidade e a confiabilidade dos dados demográficos oficiais também são afetadas pela confiança do público no governo, o compromisso do governo com a enumeração completa e precisa, a confidencialidade e a proteção contra o uso indevido

dos dados do censo e a independência das agências do censo em relação à influência política. Além disso, a comparabilidade dos indicadores populacionais é limitada por diferenças nos conceitos, definições, procedimentos de recolha e métodos de estimativa usados pelas agências nacionais de estatística e outras organizações de recolha de dados.

Segundo Wieler *et al.* (2020) o governo alemão entrou na pandemia com um Plano Nacional de Pandemia detalhado. Juntamente com planos de preparação genéricos e outros planos e documentos específicos de doenças, este plano de resposta detalhado permitiu que o governo o ativasse rapidamente, sem perda de tempo em disputas relacionadas à governança, contabilidade ou custos. Apesar da preparação e coordenação, o país careceu na eficiência do controlo do contágio (85,14%) e do tratamento médico (75,27%).

O país que foi atingido precocemente e não estava minimamente preparado foi a Itália. Capano *et al.* (2020) argumenta que a Itália foi o primeiro grande epicentro da pandemia COVID-19 no mundo ocidental e tinha poucos precedentes com que formular a sua resposta. Uma vez que não tinha tido nenhuma experiência recente com este tipo de doença, a resposta italiana mostrou como a falta de medidas específicas de preparação levou o país a lidar com este tipo de crise através dos meios políticos existentes, com todas as suas forças e fraquezas concomitantes. No caso italiano, isso significou que os jogos políticos característicos dos arranjos institucionais existentes impulsionaram o processo e o conteúdo da resposta nacional e levaram a uma resposta parcialmente caótica e lenta. Itália nos seus primeiros 100 dias após o primeiro caso confirmado contava com aproximadamente 500 mortes.

De modo geral, a resposta dos países à pandemia ocorreu de forma muito semelhante, iniciando-se com a junção do governo, médicos e cientistas para iniciar a gestão nacional de crises, de modo a compreender a epidemiologia da pandemia. Posteriormente, os governos trabalharam para mobilizar os laboratórios públicos e privados do país, para aumentar rapidamente a capacidade de testagem (Wieler *et al.*, 2020).

Diversos países enfatizaram ter confiança no aconselhamento político por parte de profissionais de saúde e grupos de investigadores científicos para a tomada de decisões. A transmissão continua a ser realizada por meio de conferências de imprensa, *media* social, anúncios e a internet para consciencializar o público.

Todas as entidades nacionais de saúde pública dedicaram-se à prevenção, controlo e investigação da COVID-19. Além da vigilância de rotina, as equipas de cientistas realizaram pesquisas sobre patogénese da COVID-19, avaliação de risco, epidemiologia e sistemas de vigilância para apoiar o governo, autoridades locais e intermediárias de saúde pública e profissionais de saúde durante os surtos. As entidades publicaram avaliações de risco, documentos de estratégia, planos de resposta, relatórios diários de vigilância sobre a COVID-19 e diretrizes técnicas, e trabalham com autoridades nacionais e internacionais de saúde pública como canais de distribuição de comunicação. Este fluxo constante de informações ajudou os diversos governos a tomar decisões críticas durante os surtos.

Numa situação onde a perspetiva da pandemia é moldada pelos *media* e pela política, é importante dar um passo atrás para refletir sobre os objetivos percebidos e quais podem ser os objetivos mais relevantes para avaliar a eficiência. Em primeiro lugar, a definição de quem são as pessoas mais vulneráveis; em segundo lugar, a necessidade de maior proteção dos profissionais de saúde, que devido à sua função são grupo de risco acrescido; e por último, as perspetivas para a população em geral. Os objetivos devem ser equilibrados em relação ao impacto na economia, no bem-estar geral dos cidadãos e noutros aspetos da saúde. A proteção dos idosos e públicos mais vulneráveis requer ações diferentes e pode perder a atenção, a menos que seja claramente articulada. A gravidade e a vulnerabilidade daqueles que inevitavelmente serão infetados, determinarão a estratégia de tratamento mais apropriada.

A pandemia é um tema muito complexo, em que não se pode focar simplesmente nos números de testes, casos e mortes para definir ou avaliar a forma como um país está a combater a pandemia. Outros tópicos dos quais acredito que também têm a sua devida importância neste tema são: aspetos culturais da pandemia, o potencial de interrupção das cadeias de abastecimento globalizadas, as implicações de uma desaceleração da economia

global para o meio ambiente e a vulnerabilidade diferente à doença relacionada à raça e nível socioeconómico.

Embora esta análise empírica cubra apenas os primeiros 100 dias após o primeiro caso confirmado e um número limitado de países, os formuladores de políticas e gestores de saúde podem identificar quais os países que foram mais bem-sucedidos no uso dos recursos limitados disponíveis no controlo do contágio e no tratamento médico. No entanto, a identificação das melhores práticas é apenas a primeira etapa do processo. É fundamental que estas práticas sejam cuidadosamente analisadas e documentadas para serem disseminadas e replicadas.

É necessária uma consideração cuidadosa sobre as diferenças entre os países, se quisermos reunir as importantes evidências experimentais naturais oferecidas pelos países que implementam diferentes abordagens políticas para a pandemia.

Embora não defendamos quaisquer iniciativas de reformulação com base nas evidências atualmente disponíveis devido à robustez insuficiente dos resultados, acreditamos que a análise de eficiência pode ser uma ferramenta complementar na tomada de decisões bem informadas. Medir a eficiência da produção de saúde em relação à fronteira definida por uma amostra comparável de países pode ser útil para entender se há um potencial de melhoria no uso de recursos. No entanto, é importante analisar o desempenho do país no contexto apropriado, levando em consideração os objetivos de cada sistema de saúde. Além disso, os pesquisadores devem prestar muita atenção às questões metodológicas e ser transparentes ao relatar os resultados.

## 5. CONCLUSÃO

### 5.1. Sumário

Neste estudo, demonstram-se os principais fatores socioeconômicos que afetam coletivamente os indicadores da COVID-19 e avalia-se a eficiência de cada país no combate à pandemia. Conclui-se através dos modelos DEA, que os países com uma eficiência robusta tanto no controle do contágio como no tratamento médico são: Eslovênia e Letônia. Além disso, os países com menor densidade populacional que conseguem oferecer um melhor desempenho do sistema de saúde e suporte per capita (médicos, enfermeiras e camas hospitalares), com menor percentagem do PIB na saúde, são os mais prováveis de exibir indicadores da COVID-19 mais baixos. Estas descobertas podem ser úteis para formuladores de políticas de saúde e abrirão portas para estudos adicionais em vários países sobre os determinantes da pandemia COVID-19 e estratégias globais eficientes para combatê-la, evitando o desperdício de recursos. É reconhecido que este estudo é preliminar, carecendo de trabalho adicional, como por exemplo, a utilização de *inputs* mais diretamente relacionadas à COVID-19, pois registam-se diversas limitações nos dados e nas variáveis gerais de saúde utilizadas no presente estudo. Crucial para colmatar a falta e lacunas nos dados são os esforços contínuos do Centro de Controle de Doenças, CSSE, OCDE e WHO na recolha de dados globais completos e confiáveis.

A falta de disponibilidade de dados é um desafio na implementação da metodologia DEA. Alguns países não possuem dados e, mesmo quando existem, não cobrem todas as variáveis importantes, não cobrem mais de um ano ou não garantem a precisão das informações. A indisponibilidade de dados pode impedir a especificação de modelos apropriados ou pode impedir a inclusão de países na análise, o que pode eventualmente alterar a fronteira de eficiência.

Os resultados deste estudo indicam uma ampla variação em termos de eficiência entre países, revelando que alguns países têm sido mais eficientes na alocação de recursos no combate à COVID-19 do que outros. Considerando que a análise descrita neste estudo também permite a identificação de pares de aprendizagem adequados para cada país, bem

como metas de melhoria de desempenho, possibilita a identificação das causas do mau desempenho e a exploração das práticas com melhores desempenhos. Com base nesta avaliação, permite desenvolver estratégias sólidas para a melhoria do controle do contágio e do tratamento médico da COVID-19.

As dificuldades encontradas em termos de obtenção de dados adequados para avaliação de desempenho sugerem que a aplicação bem-sucedida da metodologia DEA na saúde ainda é um desafio. No entanto, uma das premissas deste estudo é que a metodologia DEA deve ser ampliada para tratar de situações problemáticas como as enfrentadas atualmente, a fim de contribuir para a melhoria do desempenho na prática.

Os estudos que aplicam a metodologia DEA em pandemias revelam uma diferença consistente em termos de resultados empíricos. Esta diversidade pode ser explicada em parte por diferentes construções metodológicas, ou seja, na seleção de variáveis de *input/output* e outras especificações de modelo, como a suposição de tecnologia e as restrições de peso. Além disso, é preciso ter em consideração que existe uma ampla gama de contextos de avaliação na composição dos projetos de estudo, como o tipo de organizações de cuidados de saúde, nível de análise e período de tempo.

Para formuladores de políticas e gerentes clínicos, recomenda-se integrar evidências de eficiência com outros fatores relevantes do desempenho geral, como a equidade, capacidade de resposta e eficácia. Todas as partes interessadas envolvidas na tomada de decisões poderiam beneficiar da incorporação de medições regulares de eficiência, usando a metodologia DEA nos seus sistemas de saúde e inclusive desempenhar um papel ativo na fase de criação de modelos DEA, para facilitar a relevância e a implementação dos resultados na prática.

O problema que surge quando todas as partes interessadas envolvidas na tomada de decisões têm um papel ativo na fase de criação de modelos DEA é que diferentes partes interessadas têm diferentes, e às vezes conflitantes, opiniões sobre o que é um bom desempenho no combate da pandemia. Também é importante ter em consideração que algumas medidas só produzem efeitos a longo prazo.

Embora valiosas, estas abordagens são limitadas na realização de análises comparativas, porque uma intervenção pode não ser eficiente em alguns países, mas ser eficiente em outros e limitada na identificação das melhores práticas, considerando o facto de que alguns países podem ser melhores do que outros a usar certos indicadores.

A pesquisa médica e as inovações no diagnóstico e tratamento criam um número crescente de opções potenciais para melhorar os resultados em qualquer nível de recursos. Os estudos de eficiência na prática real serão cada vez mais importantes para informar os formuladores de políticas, os pacientes e o público em geral sobre como o sistema de saúde pode produzir valor para os pacientes.

## **5.2. Perspetivas para pesquisas futuras**

Em pesquisas futuras, seria interessante incluir os custos do controlo do contágio e tratamento médico. Exemplos são o custo de infeção evitada e custo do tratamento médico. O primeiro indicador de eficiência mede o custo por unidade de serviço fornecido por um determinado programa de prevenção (por exemplo, custo de testagem massiva). O segundo indicador de eficiência avalia o custo por internamento (por exemplo, custo por dia de internamento). Embora vários indicadores de *inputs* possam ser usados neste contexto, os custos de execução de intervenções de prevenção da COVID-19 são, possivelmente, os mais relevantes.

De acordo com Kavaliunas *et al.* (2020) na Suécia o principal objetivo no combate à pandemia COVID-19 é alterar o comportamento social a fim de minimizar o contato interpessoal e, assim, reduzir a propagação do vírus. Embora a mudança do comportamento social em alguns países exigisse regras e regulamentos coercivos e totalmente cumpridos, noutros, isso poderia ser realizado com sinais mais subtis do governo. Em ambos os aspetos de contenção, os objetivos estratégicos e a seleção de instrumentos para alterar o comportamento social, a Suécia destacou-se da maioria dos países, pois a sua estratégia de contenção não estava centrada num bloqueio completo, mas incluía medidas mais seletivas, como minimizar as visitas das pessoas para áreas

onde uma alta densidade de habitantes poderia ser esperada. As agências governamentais preferiram emitir recomendações e conselhos sobre o comportamento social apropriado, em vez de promulgar legislação ou regulamentos coercivos. Embora estes aspetos da abordagem sueca tenham despertado a maior curiosidade internacional e sua eficácia até o momento permaneça incerta, outros aspetos relevantes como o despreparo dos governos locais e os problemas de coordenação de um sistema de saúde altamente descentralizado foram notados com menos frequência, mas também desempenharam um papel importante na determinação do resultado da resposta tardia e fraca da Suécia à crise do COVID-19. Numa pesquisa futura seria interessante inserir a Suécia nos modelos DEA a fim de se obter a percepção de como uma resposta tão distinta dos restantes países se classificaria em termos de eficiência.

Outros fatores, como a natureza da liderança nacional, a organização do governo e da sociedade civil e pontos cegos em relação às vulnerabilidades de certos segmentos da população, também ajudarão a moldar as respostas políticas à pandemia.

Como os modelos DEA padrão permitem total flexibilidade na escolha dos *inputs* e *outputs*, pode fazer com que algumas das variáveis sejam negligenciadas na avaliação. Para pesquisas futuras este problema pode ser resolvido com a introdução de restrições de peso no modelo DEA.

Estudos de pesquisa futuros devem investigar as formas pelas quais a metodologia DEA pode ser combinada com outras metodologias para melhor informar a tomada de decisões e a formulação de políticas no combate à pandemia.

## BIBLIOGRAFIA

Afonso, A. & Aubyn, M. (2011) Assessing health efficiency across countries with a two-step and bootstrap analysis. *Applied Economics Letters*, 18, 1427–1430. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13504851.2010.541149> (acedido a 3 de março de 2021)

Ali, A. (1993) Streamlined computation for data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 64(1), 61–67. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)90008-B](https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)90008-B) (acedido a 24 de julho de 2021)

Althin, R., Färe, R., Gralén, K., Grosskopf, S., Jönsson, B. & Wilking, N. (2019) Efficiency and productivity of cancer care in Europe. *Journal of Cancer Policy*, 21. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcpc.2019.100194> (acedido a 6 de março de 2021)

Amado, C. & Dyson, R. (2009) Exploring the use of DEA for formative evaluation in primary diabetes care: An application to compare English practices. *Journal of the Operational Research Society*, 60(11), 1469-1482. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/40295709> (acedido a 27 de fevereiro de 2021)

Amado, C. & Santos, S. (2009) Challenges for performance assessment and improvement in primary health care: The case of the Portuguese health centres. *Health Policy*, 91(1), 43–56. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2008.11.008> (acedido a 28 de fevereiro de 2021)

Aydin, N. & Yurdakul, G. (2020) Assessing countries' performances against COVID-19 via WSIDEA and machine learning algorithms. *Applied Soft Computing Journal*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106792> (acedido a 18 de fevereiro de 2021)

Balmford, B., Annan, J., Hargreaves, J., Altoè, M. & Bateman, I. (2020) Cross-Country Comparisons of Covid-19: Policy, Politics and the Price of Life. *Environmental and Resource Economics*, 76, 525–551. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00466-5> (acedido a 25 de fevereiro de 2021)

Banker, R., Charnes, A. & Cooper, W. (1984) Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 9(1), 1078-1092. Disponível em: <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078> (acedido a 16 de fevereiro de 2021)

Boussofiene, A., Dyson, R. & Thanassoulis, E. (1991) Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1–15. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(91\)90331-O](https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90331-O) (acedido a 26 de maio de 2021)

Breitenbach, Marthinus, C., Ngobeni, Victor, Aye & Goodness. (2020) *Efficiency of Healthcare Systems in the first wave of COVID-19 - a technical efficiency analysis*. Disponível em: [Microsoft Word - COVID-19 Munich Repec WP Manuscript.docx \(uni-muenchen.de\)](#) (acedido a 12 de fevereiro de 2021)

- Capano, G., Howlett, M., Jarvis, D., Ramesh, M. & Goyal, N. (2020) Mobilizing Policy (In)Capacity to Fight COVID-19: Understanding Variations in State Responses. *Policy and Society*, 39(3), 285-308. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14494035.2020.1787628> (acedido a 26 de fevereiro de 2021)
- Charnes, A., Cooper, W. & Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8) (acedido a 16 de fevereiro de 2021)
- Cordero-Ferrera, J., Crespo-Cebada, E., Murillo-Zamorano, L. (2011) Measuring technical efficiency in primary health care: the effect of exogenous variables on results. *J Med Syst*, 35(4), 545-554. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10916-009-9390-6> (acedido a 18 de fevereiro de 2021)
- Cylus, J., Papanicolas, I. & Smith, P. (2015) Using Data Envelopment Analysis to Address the Challenges of Comparing Health System Efficiency. *Global Policy*. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12212> (acedido a 8 de março de 2021)
- Direção Geral de Saúde (2021) *COVID-19*. Ministério da Saúde. Disponível em: [Perguntas Frequentes Categoria - COVID-19 \(min-saude.pt\)](https://www.saude.gov.br/pt-br/perguntas-frequentes/categoria-covid-19) (acedido a 6 de fevereiro de 2021)
- Dyson, R., Allen, R., Camanho, A., Podinovski, V., Sarrico C. & Shale, E. (2001) Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 245-259. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1) (acedido a 26 de maio de 2021)
- Eichenbaum, M., Rebelo, S. & Trabandt, M. (2020) The macroeconomics of epidemics. *National Bureau of Economic Research*. Disponível em: [The Macroeconomics of Epidemics \(nber.org\)](https://www.nber.org/papers/w26867) (acedido a 11 de fevereiro de 2021)
- Entani, T., Maeda, Y., & Tanaka, H. (2002) Dual models of interval DEA and its extension to interval data. *European Journal of Operational Research*, 136(1), 32–45. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00055-8) (acedido a 24 de julho de 2021)
- Farrell, M. (1957) The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2343100> (acedido a 16 de fevereiro de 2021)
- Ghasemi, Abdolrasoul, Boroumand, Yasaman, Shirazi & Masoud (2020) *How do governments perform in facing COVID-19*. Disponível em: [6 \(PDF\) How do governments perform in facing COVID-19? How Do Governments Perform in Facing COVID-19? \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/358111111) (acedido a 11 de fevereiro de 2021)
- Golany, B. & Roll, Y. (1989) An application procedure for DEA. *Omega International Journal of Management Science*, 17(3), 237-250. Disponível em: [https://www.academia.edu/42781989/An\\_application\\_procedure\\_for\\_DEA](https://www.academia.edu/42781989/An_application_procedure_for_DEA) (acedido a 26 de maio de 2021)

- Hasell, J. (2020) *Testing early, testing late: four countries' approaches to COVID-19 testing compared*. Disponível em: [Testing early, testing late: four countries' approaches to COVID-19 testing compared - Our World in Data](#) (acedido a 9 de fevereiro de 2021)
- Hazen, H. (2020) Teaching COVID-19 Topics in a Geographic Framework. *The Geography Teacher*, 17(2), 33-43. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19338341.2020.1764375> (acedido a 27 de fevereiro de 2021)
- Hinkle, D.E., Wiersma, W. & Jurs, S.G. (2003) *Applied Statistics for the Behavioral Sciences, 5<sup>th</sup> edition*. Boston: Houghton Mifflin.
- Hollingsworth, B. & Smith, P. (2003) Use of ratios in data envelopment analysis. *Applied Economics Letters*, 10(11), 733-735. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1350485032000133381> (acedido a 4 de novembro de 2021)
- Kavaliunas, A., Ocaya, P., Mumper, J., Lindfeldt, I. & Kyhlstedt, M. (2020) Swedish policy analysis for Covid-19. *Health Policy and Technology*, 9(4), 598-612. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2020.08.009> (acedido a 24 de fevereiro de 2021)
- Kennedy, D., Seale, A., Bausch, D., Ritchie, H. & Roser, M. (2020) *How experts use data to identify emerging COVID-19 success stories*. Disponível em: [How experts use data to identify emerging COVID-19 success stories - Our World in Data](#) (acedido a 8 de fevereiro de 2021)
- Kévorkian, A., Grenet, T. & Gallée, H. (2020) *Tracking the Covid-19 pandemic: Simple visualization of the epidemic states and trajectories of select European countries & assessing the effects of delays in official response*. Não publicado. Disponível em: <https://doi.org/10.1101/2020.03.14.20035964> (acedido a 23 de fevereiro de 2021)
- Kohl, S., Schoenfelder, J., Fügner, A. & Brunner, J. (2019) The use of Data Envelopment Analysis (DEA) in healthcare with a focus on hospitals. *Health Care Management Science*, 22, 245–286. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10729-018-9436-8> (acedido a 2 de março de 2021)
- Liu, B & Tripe, D. (2003) New Zealand Bank Mergers and Efficiency Gains. *Journal of Asia-Pacific Business*, 4(4), 61-81. Disponível em: [https://doi.org/10.1300/J098v04n04\\_05](https://doi.org/10.1300/J098v04n04_05) (acedido a 26 de maio de 2021)
- Martins, A. (2012) *Avaliação da eficiência e identificação dos fatores determinantes da eficiência do setor bancário em Portugal*. Sapiencia, Repositório da Universidade do Algarve. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.1/6077> (acedido a 24 de julho de 2021)
- Mello, J., Gomes, E., Meza, L., Neto, L. & Anna, A. (2005) Fronteiras DEA difusas. *Investigação Operacional*, 25, 85-103. Disponível em: <https://docplayer.com.br/80102784-Fronteiras-dea-difusas.html> (acedido a 24 de julho de 2021)

Meza, L., Mello, J., Gomes, E. & Fernandes, A. (2007) Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica, *Investigação Operacional*, 27, 21-36. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/256373181\\_Selecao\\_de\\_variaveis\\_em\\_DEA\\_aplicada\\_a\\_uma\\_analise\\_do\\_mercado\\_de\\_energia\\_eletrica](https://www.researchgate.net/publication/256373181_Selecao_de_variaveis_em_DEA_aplicada_a_uma_analise_do_mercado_de_energia_eletrica) (acedido a 24 de julho de 2021)

Meza, L., Mello, J., Neto, L. & Gomes, E. (2005) ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão): A software package for Data Envelopment Analysis model. *Investigação Operacional*, 25(3), 493-503. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/250031653\\_ISYDS-Integrated\\_System\\_for\\_Decision\\_Support\\_SIAD-Sistema\\_Integrado\\_de\\_Apoio\\_a\\_Decisao\\_A\\_software\\_package\\_for\\_data\\_envelopment\\_analysis](https://www.researchgate.net/publication/250031653_ISYDS-Integrated_System_for_Decision_Support_SIAD-Sistema_Integrado_de_Apoio_a_Decisao_A_software_package_for_data_envelopment_analysis) (acedido a 24 de julho de 2021)

Nepomuceno, T., Silva, W., Nepomuceno, K. & Barros, I. (2020) A DEA-Based Complexity of Needs Approach for Hospital Beds Evacuation during the COVID-19 Outbreak. *Journal of Healthcare Engineering*. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2020/8857553> (acedido a 10 de fevereiro de 2021)

Nolte, E., Wait, S. & McKee, M. (2006) *Investing in Health: Benchmarking Health Systems*. Disponível em: [Investing Health text \(nuffieldtrust.org.uk\)](http://www.nuffieldtrust.org.uk) (acedido a 12 de fevereiro de 2021)

Organization for Economic Co-operation and Development (2021a) *Health spending* (indicator). Disponível em: [Health resources - Health spending - OECD Data](https://data.oecd.org/health/health-resources-health-spending) (acedido a 27 de março de 2021)

Organization for Economic Co-operation and Development (2021b) *Doctors* (indicator). Disponível em: [Health resources - Doctors - OECD Data](https://data.oecd.org/health/health-resources-doctors) (acedido a 27 de março de 2021)

Organization for Economic Co-operation and Development (2021c) *Nurses* (indicator). Disponível em: [Health resources - Nurses - OECD Data](https://data.oecd.org/health/health-resources-nurses) (acedido a 27 de março de 2021)

Organization for Economic Co-operation and Development (2021d) *Hospital beds* (indicator). Disponível em: [Health equipment - Hospital beds - OECD Data](https://data.oecd.org/health/health-equipment-hospital-beds) (acedido a 28 de março de 2021)

Our World in Data (2017) *Population density* (indicator). Disponível em: [Population density, 1961 to 2017 \(ourworldindata.org\)](https://ourworldindata.org/population-density) (acedido a 27 de março de 2021)

Our World in Data (2020) *Population by broad age group* (indicator). Disponível em: [Population by broad age group, World \(ourworldindata.org\)](https://ourworldindata.org/population-by-broad-age-group) (acedido a 28 de março de 2021)

Our World in Data (2021) *Coronavirus Pandemic Data Explorer*. Disponível em: [Coronavirus Pandemic Data Explorer - Our World in Data](https://ourworldindata.org/coronavirus-pandemic-data-explorer) (acedido a 13 de fevereiro de 2021)

Ozbugday, F., Tirgil, A. & Kose, E. (2020) Efficiency changes in long-term care in OECD countries: A non-parametric Malmquist Index approach. *Socio-Economic Planning Sciences*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.100733> (acedido a 3 de março de 2021)

Papanicolas, I. & Smith, P. (eds) (2013) *Health system performance comparison: an agenda for policy, information, and research*. Policy summary, 4. Open University Press, Maidenhead, UK. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/18419799.pdf> (acedido a 25 de abril de 2021)

Pearson, K. (1901) Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. XI. On the Influence of Natural Selection on the Variability and Correlation of Organs. *Proceedings of the Royal Society of London*, 69, 330–333. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/116316> (acedido a 8 de fevereiro de 2022)

Pelone, F., Kringos D., Romaniello, A., Archibugi, M., Salsiri C. & Ricciardi, W. (2015) Primary Care Efficiency Measurement Using Data Envelopment Analysis: A Systematic Review. *J Med Syst*, 39(1), 156. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/269407443\\_Primary\\_Care\\_Efficiency\\_Measurement\\_Using\\_Data\\_Envelopment\\_Analysis\\_A\\_Systematic\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/269407443_Primary_Care_Efficiency_Measurement_Using_Data_Envelopment_Analysis_A_Systematic_Review) (acedido a 20 de fevereiro de 2021)

Retzlaff-Roberts D., Chang C. & Rubin R. (2004) Technical efficiency in the use of health care resources: a comparison of OECD countries. *Health Policy*, 69(1), 55-72. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2003.12.002> (acedido a 18 de fevereiro de 2021)

Ritchie, H., Ortiz-Ospina, E., Beltekian, D., Mathieu, E., Hasell, J., Macdonald, B., Giattino, C., Appel, C., Rodés-Guirao, L. & Roser, M. (2020a) *Overview of the Coronavirus Pandemic (COVID-19)*. Disponível em: [Overview of the Coronavirus Pandemic \(COVID-19\) - Statistics and Research - Our World in Data](#) (acedido a 6 de fevereiro de 2021)

Ritchie, H., Ortiz-Ospina, E., Beltekian, D., Mathieu, E., Hasell, J., Macdonald, B., Giattino, C., Appel, C., Rodés-Guirao, L. & Roser, M. (2020b) *Coronavirus (COVID-19) Testing*. Disponível em: [Coronavirus \(COVID-19\) Testing - Statistics and Research - Our World in Data](#) (acedido a 27 de março de 2021)

Rouse, P. & Swales, R. (2006) Pricing public health care services using DEA: Methodology versus politics. *Ann Oper Res* 145, 265–280. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10479-006-0041-8> (acedido a 24 de abril de 2021)

Santos, S., Amado, C. & Santos, M. (2012) Assessing the efficiency of mother-to-child HIV prevention in low- and middle-income countries using data envelopment analysis. *Health Care Manag Sci* 15, 206–222. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10729-012-9196-9> (acedido a 9 de março de 2021)

Seiford, L. & Zhu, J. (2002) Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research*, 142(1), 16-20. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00293-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00293-4) (acedido a 29 de março de 2021)

- Seposo, X., Okubo, I. & Kondo, M. (2019) Assessing frontline HIV service provider efficiency using data envelopment analysis: a case study of Philippine social hygiene clinics (SHCs). *BMC Health Serv Res* 19, 415. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12913-019-4163-5> (acedido a 4 de março de 2021)
- Shirouyehzad, H., Jouzdani, J. & Khodadadi-Karimvand, M. (2020) Fight Against COVID-19: A Global Efficiency Evaluation based on Contagion Control and Medical Treatment. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, 7(2), 109-120. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/340407134\\_Fight\\_Against\\_COVID-19\\_-\\_A\\_Global\\_Efficiency\\_Evaluation\\_based\\_on\\_Contagion\\_Control\\_and\\_Medical\\_Treatment](https://www.researchgate.net/publication/340407134_Fight_Against_COVID-19_-_A_Global_Efficiency_Evaluation_based_on_Contagion_Control_and_Medical_Treatment) (acedido a 4 de fevereiro de 2021)
- Singh, R. & Adhikari, R. (2020) *Age-structured impact of social distancing on the COVID-19 epidemic in India*. Disponível em: [6 \(PDF\) Age-structured impact of social distancing on the COVID-19 epidemic in India \(Updates at https://github.com/rajeshrinet/pyross\) \(researchgate.net\)](https://github.com/rajeshrinet/pyross) (acedido a 11 de fevereiro de 2021)
- Spinks, J. & Hollingsworth, B. (2007) Cross-country comparisons of technical efficiency of health production: a demonstration of pitfalls. *Applied Economics*, 1–11. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00036840701604354> (acedido a 4 de março de 2021)
- Varabyova, Y. & Müller J. (2016) The efficiency of health care production in OECD countries: A systematic review and meta-analysis of cross-country comparisons. *Health Policy*, 120(3), 252-263. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2015.12.005> (acedido a 12 de março de 2021)
- World Health Organization (2020a) *International guidelines for certification and classification (coding) of covid-19 as cause of death*. Disponível em: [Guidelines\\_Cause\\_of\\_Death\\_COVID-19.pdf \(who.int\)](https://www.who.int/publications/i/item/9789240000635) (acedido a 28 de março de 2021)
- World Health Organization (2020b) *COVID-19: Surveillance, case investigation and epidemiological protocols*. COVID-19 Case definition. Disponível em: [WHO COVID-19 Case definition](https://www.who.int/publications/i/item/9789240000635) (acedido a 27 de março de 2021)
- World Health Organization (2020c) *Public health criteria to adjust public health and social measures in the context of COVID-19*. Disponível em: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332073/WHO-2019-nCoV-Adjusting\\_PH\\_measures-Criteria-2020.1-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332073/WHO-2019-nCoV-Adjusting_PH_measures-Criteria-2020.1-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (acedido a 13 de junho de 2021)
- World Health Organization (2020d) *COVID-19: virtual press conference*. Disponível em: [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/transcripts/who-audio-emergencies-coronavirus-press-conference-full-30mar2020.pdf?sfvrsn=6b68bc4a\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/transcripts/who-audio-emergencies-coronavirus-press-conference-full-30mar2020.pdf?sfvrsn=6b68bc4a_2) (acedido a 13 de junho de 2021)
- World Health Organization (2021) *Timeline: WHO's COVID-19 response*. Disponível em: [Timeline of WHO's response to COVID-19](https://www.who.int/publications/i/item/9789240000635) (acedido a 6 de fevereiro de 2021)

- Wieler, L., Rexroth, U. & Gottschalk, R. (2020) *Emerging COVID-19 success story: Germany's strong enabling environment*. Exemplars in Global Health. Disponível em: <https://ourworldindata.org/covid-exemplar-germany-2020> (acedido a 6 de junho de 2021)
- Yamada, Y., Matui, T. & Sugiyama, M. (1994) New analysis of efficiency based on DEA. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 37(2), 158-167
- Zakowska, I. & Godycki-Cwirko, M. (2020). Data envelopment analysis applications in primary health care: a systematic review. *Family Practice*, 37(2), 147–153. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/fampra/cmz057> (acedido a 18 de fevereiro de 2021)
- Zanakis, S., Alvarez, C. & Li, V. (2007) Socio-economic determinants of HIV/AIDS pandemic and nations efficiencies. *European Journal of Operational Research*, 176(3), 1811–1838. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.10.033> (acedido a 4 de março de 2021)
- Zhu, J. (2014) *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking - Data Envelopment Analysis with Spreadsheets, 3<sup>rd</sup> Edition*. International Series in Operations Research & Management Science, 213. Springer International Publishing. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06647-9> (acedido a 13 de março de 2021)

# ANEXO A: Definição de Caso

## WHO COVID-19: Case Definitions

Updated in Public health surveillance for COVID-19, published 16 December 2020



Case Definitions

### Suspected case of SARS-CoV-2 infection

- A** A person who meets the clinical **AND** epidemiological criteria:  
**Clinical Criteria:**
- Acute onset of fever **AND** cough; OR
  - Acute onset of **ANY THREE OR MORE** of the following signs or symptoms: Fever, cough, general weakness/fatigue<sup>1</sup>, headache, myalgia, sore throat, coryza, dyspnoea, anorexia/nausea/vomiting<sup>1</sup>, diarrhoea, altered mental status.
- AND**
- Epidemiological Criteria:**
- Residing or working in an **area with high risk of transmission of virus**: closed residential settings, humanitarian settings such as camp and camp-like settings for displaced persons; anytime within the 14 days prior to symptom onset; or
  - Residing or travel to an **area with community transmission** anytime within the 14 days prior to symptom onset; or
  - Working in **any health care setting**, including within health facilities or within the community; any time within the 14 days prior of symptom onset.
- B** A patient with **severe acute respiratory illness**: (SARI: acute respiratory infection with history of fever or measured fever of  $\geq 38$  C°; and cough; with onset within the last 10 days; and requires hospitalization).
- C** Asymptomatic person not meeting epidemiologic criteria with a **positive SARS-CoV-2 Antigen-RDT**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Signs separated with slash (/) are to be counted as one sign.

<sup>2</sup> NAAT is required for confirmation, see [Diagnostic testing for SARS-CoV-2](#)

See [Antigen detection in the diagnosis of SARS-CoV-2 infection using rapid immunoassays](#)

**Note:** Clinical and public health judgment should be used to determine the need for further investigation in patients who do not strictly meet the clinical or epidemiological criteria. Surveillance case definitions should not be used as the sole basis for guiding clinical management.

### Probable case of SARS-CoV-2 infection

- A** A patient who meets **clinical criteria** above **AND** is a **contact of a probable or confirmed case**, or linked to a **COVID-19 cluster**<sup>3</sup>
- B** A **suspect case with chest imaging** showing findings suggestive of COVID-19 disease<sup>4</sup>
- C** A person with recent onset of **anosmia** (loss of smell) or **ageusia** (loss of taste) in the absence of any other identified cause.
- D** **Death**, not otherwise explained, in an adult with **respiratory distress** preceding death **AND was a contact of a probable or confirmed case** or linked to a **COVID-19 cluster**<sup>3</sup>

### Confirmed case of SARS-CoV-2 infection

- A** A person with a positive **Nucleic Acid Amplification Test (NAAT)**
- B** A person with a **positive SARS-CoV-2 Antigen-RDT** **AND** meeting either the **probable case definition or suspect criteria A OR B**
- C** An **asymptomatic person with a positive SARS-CoV-2 Antigen-RDT** who is a **contact of a probable or confirmed case**

<sup>3</sup> A group of symptomatic individuals linked by time, geographic location and common exposures, containing at least **one NAAT-confirmed** case or at least **two** epidemiologically linked, symptomatic (meeting clinical criteria of Suspect case definition A or B) persons with **positive Ag-RDTs** (based on  $\geq 97\%$  specificity of test and desired  $>99.9\%$  probability of at least one positive result being a true positive)

<sup>4</sup> Typical chest imaging findings suggestive of COVID-19 include the following:

- **Chest radiography**: hazy opacities, often rounded in morphology, with peripheral and lower lung distribution
- **Chest CT**: multiple bilateral ground glass opacities, often rounded in morphology, with peripheral and lower lung distribution
- **Lung ultrasound**: thickened pleural lines, B lines (multifocal, discrete, or confluent), consolidative patterns with or without air bronchograms.