

Marinho, Alexandre; Cardoso, Simone de Souza; de Almeida, Vivian Vicente

Working Paper

Avaliação de eficiência em sistemas de saúde: Brasil, América Latina, Caribe e OCDE

Texto para Discussão, No. 1784

Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Marinho, Alexandre; Cardoso, Simone de Souza; de Almeida, Vivian Vicente (2012) : Avaliação de eficiência em sistemas de saúde: Brasil, América Latina, Caribe e OCDE, Texto para Discussão, No. 1784, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/91065>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

1784

TEXTO PARA DISCUSSÃO

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA EM SISTEMAS DE SAÚDE: BRASIL, AMÉRICA LATINA, CARIBE E OCDE

Alexandre Marinho
Simone de Souza Cardoso
Vivian Vicente de Almeida

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA EM SISTEMAS DE SAÚDE: BRASIL, AMÉRICA LATINA, CARIBE E OCDE*

Alexandre Marinho**

Simone de Souza Cardoso***

Vivian Vicente de Almeida****

* Os autores agradecem os comentários de Fábio Monteiro Vaz e de um parecerista anônimo, que melhoraram muito o texto. Eventuais erros remanescentes são de inteira responsabilidade dos autores.

** Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Sociais (Disoc) do Ipea e professor adjunto da Faculdade de Ciências Econômicas (FCE) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

*** Assistente de pesquisa do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) no Ipea.

**** Professora e Coordenadora adjunta do Curso de Ciências Econômicas do Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (IBMEC).

Governo Federal

**Secretaria de Assuntos Estratégicos da
Presidência da República**
Ministro Wellington Moreira Franco

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Marcelo Cortês Neri

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Luiz Cezar Loureiro de Azeredo

Diretora de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais

Luciana Acioly da Silva

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia

Alexandre de Ávila Gomide

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas, Substituto

Claudio Roberto Amitrano

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Francisco de Assis Costa

Diretora de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura

Fernanda De Negri

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

Rafael Guerreiro Osório

Chefe de Gabinete

Sergei Suarez Dillon Soares

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação

João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2012

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: C61, D61, H51, I12, I18

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	7
2 A AMOSTRA E OS DADOS UTILIZADOS	9
3 DEA	12
4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA DEA EM MODELOS ALTERNATIVOS	17
5 AS SFs.....	53
6 APLICAÇÃO DAS SFs NOS SISTEMAS DE SAÚDE, COM MODELOS ALTERNATIVOS ...	54
7 COMPARANDO OS RESULTADOS OBTIDOS COM AS FRONTEIRAS DE DEA E DE SF ..	59
8 DISCUSSÃO	62
9 BRASIL: O QUE APRENDEMOS?	64
10 COMENTÁRIOS FINAIS.....	68
REFERÊNCIAS	71
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....	74
APÊNDICE A	75
APÊNDICE B	85
APÊNDICE C	86

SINOPSE

Este trabalho dá sequência à série de estudos desenvolvidos no Ipea, visando comparar a eficiência do sistema de saúde brasileiro com os sistemas de saúde de outros países. Realizamos avaliações de eficiência que procuram inferir em que medida o investimento, em termos monetários, no sistema de saúde do Brasil, comparado com os sistemas de saúde dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), da América Latina e Caribe seria eficiente em maximizar indicadores relacionados ao desempenho desses sistemas. Em resumo, neste trabalho estamos unificando as duas bases de dados utilizadas nos primeiros textos da série. As metodologias básicas utilizadas foram a Análise Envoltória de Dados – Data Envelopment Analysis (DEA) – e as fronteiras estocásticas – *stochastic frontiers* (SFs). A posição relativa do nosso país (e de outros países) varia bastante em função do modelo de análise, das variáveis consideradas em cada modelo, e da amostra de países utilizada. Portanto, devem ser evitadas afirmativas enfáticas, categóricas ou pretensamente definitivas sobre o desempenho relativo de nosso sistema de saúde. Trata-se de questão ainda em aberto na literatura.

Palavras-chave: sistemas de saúde comparados; fronteiras estocásticas; análise envoltória de dados.

ABSTRACTⁱ

This work follows the series of studies conducted in Ipea, in order to compare the efficiency of the Brazilian health system to health systems of other countries. We evaluate the efficiency of expenditure in health care provision by comparing various output measures (life expectancy; infant survival rate; years of life recovered from diseases; population; area) from the health system of Brazil, Latina America, Caribbean Countries and Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) countries with an expenditure measure (health expenditure per capita). In short, we have merged the two databases of our antecedent works. When estimating the efficiency frontier and country rankings we combine data envelopment analysis (DEA) with stochastic frontiers (SFs). We show that the results we have for Brazil and other

i. *The versions in English of the abstracts of this series have not been edited by Ipea's editorial department.*
As versões em língua inglesa das sinopses (*abstracts*) desta coleção não são objeto de revisão pelo Editorial do Ipea.

countries tend to differ, sometimes substantially, depending on the methods and samples used. We believe that much caution is required when performing efficiency analysis across countries. This question is still open in the literature.

Keywords: compared health systems; stochastic frontier analysis; data envelopment analysis.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho dá sequência à série de estudos desenvolvidos no Ipea, visando comparar a eficiência do sistema de saúde brasileiro com os sistemas de saúde de outros países. Esta linha de investigação foi precedida e incentivada, em grande medida, pelo trabalho de Ocké-Reis (2006).

Admite-se que existam necessidades de eventuais acréscimos de recursos em diversos segmentos do setor saúde. Aportes mais vultosos de recursos públicos necessitam, no setor saúde, como em todo o setor público, de antecedentes avaliações de eficiência que ainda não foram realizadas em larga escala. Esta é, inclusive, uma exigência de natureza constitucional de acordo com o Artigo 37 da Constituição Federal de 1988 (CF/1988) (Brasil, 2006).

Neste trabalho, realizam-se avaliações de eficiência que procuram inferir em que medida o investimento, em termos monetários, no sistema de saúde do Brasil, comparado com os sistemas de saúde dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), da América Latina e do Caribe seria eficiente em maximizar indicadores relacionados ao desempenho desses sistemas. Em resumo, neste trabalho está-se unificando as duas bases de dados utilizadas nos primeiros textos da série (Marinho, Cardoso e Almeida, 2009, 2011, 2012). Novamente, não se pretende explorar a complexidade e a variedade dos diferentes sistemas de saúde dos países sob análise. Essa tarefa demandaria outro texto. O leitor interessado pode consultar alguns dos itens da literatura apontada.¹

Em Marinho, Cardoso e Almeida (2009), foi realizada uma avaliação comparativa da eficiência dos sistemas de saúde dos países da OCDE com relação ao Brasil com uso de Análise Envoltória de Dados – Data Envelopment Analysis (DEA) – e de fronteiras estocásticas – *stochastic frontiers* (SFs). Em Marinho, Cardoso e Almeida (2011), a comparação estabelecida foi entre o Brasil e os países da América Latina e Caribe. Em Marinho, Cardoso e Almeida (2012), a comparação também foi realizada entre o Brasil e os países da OCDE, mas a avaliação foi baseada no uso exclusivo e intensivo de SFs.

1. Para uma abordagem inicial comparativa do caso brasileiro, ver Ocké-Reis (2006). Para referências internacionais, ver WTO (2000), Marmor (2001) e OECD (2010).

Numa breve discussão dos resultados, observa-se que a presença significativa de dissimilaridades entre o Brasil e os países da OCDE, em princípio, deveria desfavorecer nosso país (e os outros países em desenvolvimento daquela amostra, como o México e a Turquia). Entretanto, ao serem cotejados os recursos disponíveis nos países e os resultados em saúde obtidos, analisados em modelos de estimação de fronteiras de eficiência, não foi corroborada tal impressão negativa. O Brasil não teve, de modo irretorquível e nem sistemático, o pior desempenho da amostra. No estudo comparativo com países da América Latina e países do Caribe, novamente, tais discrepâncias nos indicadores foram encontradas em nossa análise. Contudo, ao contrário do observado no estudo envolvendo a OCDE, o Brasil tem uma posição socioeconômica, e mesmo sanitária, bastante favorável no contexto da América Latina. Essa melhora nos indicadores, entretanto, não se configurou em uma melhora, na mesma magnitude, nos resultados encontrados. Em vários modelos, o Brasil apresentou escores de eficiência não muito favoráveis, encontrando-se, majoritariamente, em posições no último quartil da distribuição dos escores de eficiência.

O objetivo central da linha de pesquisa – comparar o sistema de saúde brasileiro, em termos de eficiência, com outros países – e os resultados observados nos três primeiros textos da série, motivaram a construção de um novo trabalho que estende esta bateria de exercícios analíticos. Este trabalho preocupa-se em analisar como o Brasil se comporta, em termos de eficiência do sistema de saúde, quando inserido em uma amostra com um conjunto de países com indicadores oscilando entre desejáveis condições de saúde até precárias condições sanitárias e, até mesmo, socioeconômicas.

Preservando a estratégia empírica adotada na série de estudos, analisa-se a eficiência dos serviços de saúde do Brasil frente aos países da OCDE, da América Latina e do Caribe, conjuntamente, no que diz respeito à maximização de alguns produtos que um bom sistema de saúde pode gerar. Estima-se em que medida variáveis tais como esperança de vida ao nascer para homens, esperança de vida ao nascer para mulheres, mortalidade infantil – ou o complemento dessa medida: o índice de sobrevivência infantil – *infant survival rate* (ISR) –, anos de vida perdidos por doenças (ou os complementos: anos de vida recuperados para doenças transmissíveis; anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis; e anos de vida recuperados para causas externas), o tamanho da população e a extensão territorial podem servir de reflexo para um serviço de saúde eficiente *vis-à-vis* a magnitude do gasto *per capita* com saúde nas sociedades analisadas.

O estudo é composto de dez seções. Além desta introdução, na seção 2, apresenta-se a amostra, as variáveis e os dados utilizados. Na seção 3, discute-se a metodologia da DEA, devida a Charnes, Cooper e Rhodes (1978). Na seção 4, são analisadas as eficiências dos sistemas de saúde da amostra, que foram obtidas com o uso da DEA, em termos de maximização das variáveis consideradas como produtos da saúde, dados os gastos totais com saúde *per capita*. Em seguida, na seção 5, introduz-se a segunda metodologia utilizada, as SFs, originada de modo simultâneo em Aigner, Lovell e Schmidt (1977), Battese e Corra (1977) e Meeusen e van den Broeck (1977). Os modelos utilizados de SFs, por razões de conveniência metodológica, no presente trabalho,² seguem o método de minimização de custo. Cabe destacar que, além da inclusão do componente aleatório neste método, o modelo estocástico apresenta a classificação dos países segundo o grau de ineficiência, e não mais eficiência como no caso da DEA. Na seção 6, as SFs são aplicadas em nossa amostra, e os resultados obtidos são analisados. A complementaridade das duas metodologias, particularmente em aplicações em saúde, que é atestada na literatura (Kooresman, 1994) e será bastante evidente em nosso trabalho, é o objeto da seção 7. A seção 8 apresenta uma discussão do estudo. Por fim, a seção 9 dedica-se a uma análise inteiramente voltada para o desempenho do Brasil nesta sequência de estudos, com base nos resultados obtidos. Na seção 10 constam os comentários finais.

2 A AMOSTRA E OS DADOS UTILIZADOS

Este artigo tenta unificar, em alguma medida, os estudos realizados por Marinho, Cardoso e Almeida (2009, 2011), analisando, conjuntamente, os países da OCDE e da América Latina e do Caribe. Os países analisados são: Alemanha, Antígua e Barbuda, Argentina, Austrália, Áustria, Bahamas, Barbados, Bélgica, Belize, Bolívia, Brasil, Canadá, Chile, Colômbia, Coreia, Costa Rica, Cuba, Dinamarca, Dominica, El Salvador, Equador, Eslováquia, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Granada, Guatemala, Guiana, Haiti, Holanda, Honduras, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Jamaica, Japão, Luxemburgo, México, Nicarágua, Noruega, Nova Zelândia, Panamá, Paraguai, Peru, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Dominicana,

2. A utilização de modelos de múltiplos *outputs* em SF sofrem percalços consideráveis.

República Tcheca, Saint Kitts e Nevis, Saint Lucia, Suécia, Suíça, Suriname, Trinidad e Tobago, Turquia, Uruguai e Venezuela.³

2.1 AS VARIÁVEIS UTILIZADAS

Assim como nos trabalhos anteriores, a base de dados utilizada foi publicada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pela National Geographic Society. A lista de variáveis é a seguinte:

- 1) Recursos (*inputs*): gasto com saúde *per capita* – em dólares (US\$). Paridade do Poder de Compra (PPC).
- 2) Resultados (*outputs*): esperança de vida ao nascer homens; esperança de vida ao nascer mulheres; índice de mortalidade infantil; índice de sobrevivência infantil; anos de vida perdidos por doenças transmissíveis; anos de vida perdidos por doenças não transmissíveis; anos de vida perdidos por causas externas; anos de vida recuperados por doenças transmissíveis; anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis; e anos de vida recuperados por causas externas.
- 3) Variáveis não controladas diretamente pelos gestores dos sistemas de saúde (*variáveis não discricionárias*): população; área territorial; e densidade demográfica.

2.2 OBSERVAÇÕES COM RELAÇÃO ÀS VARIÁVEIS UTILIZADAS

Os modelos utilizados visam à maximização de resultados. Entretanto, os sistemas de saúde propõem-se reduzir algumas variáveis utilizadas como mortalidade infantil e anos de vida perdidos. Então, essas variáveis devem ser modificadas conforme explicado a seguir.

No caso da variável mortalidade infantil foi calculada uma variável complementar ao indicador – o índice de sobrevivência infantil – que os sistemas de saúde buscariam, *ceteris paribus*, aumentar. Mais especificamente, procurou-se estimar, de um total de

3. Tabelas com os dados dos referidos países são encontradas no apêndice A.

mil crianças nascidas, quantas conseguem sobreviver durante doze meses. O cálculo, conforme Afonso e St. Aubyn (2005), foi feito da seguinte forma:

$$ISR = \frac{1000 - IMR}{IMR}$$

onde *IMR* é o índice de mortalidade infantil (*infant mortality rate*).

Conforme ressaltam Afonso e St. Aubyn (2005), esse indicador aumenta com a melhoria das condições de saúde. Além disso, reflete uma razão entre a taxa de crianças que sobreviveram até 1 ano de idade e a taxa de crianças que morreram antes de completar essa idade.^{4,5}

O indicador de anos de vida perdidos por doenças – *years of life lost* (YLL) – que é utilizado pela OMS (2000) estima, no total da população, quantos anos de vida perdidos podem ser atribuídos a diferentes morbidades em relação à esperança de vida ao nascer da população. Em nosso trabalho, o que se procurou estimar, na verdade, foi o ganho da população em análise, em anos de vida, pela possível prevenção de doenças de cada grupo especificado. A adoção desse indicador, que deveria ser objeto de maximização pelos países, e que, idealmente, deve aumentar com o incremento geral das condições de saúde, também nos foi imposta por razões metodológicas, que serão melhor apresentadas no decorrer do presente estudo. Dessa maneira, o cálculo foi feito com base em um indicador criado: anos de vida recuperados – *years of life saved* (YSL)⁶ –, calculado da seguinte forma:

$$YSL = 100 - YLL$$

para todos os tipos de *causa mortis* relatadas no presente trabalho. Esse indicador preserva a distribuição percentual das causas de sobrevivência (e de mortalidade) observada no indicador original da OMS.

4. Seja a quantidade de sobreviventes a cada mil crianças nascidas vivas $ISR^* = 1.000 - IMR$. O indicador $ISR = \frac{1000 - IMR}{IMR} = \frac{ISR^*}{IMR}$

5. Razões adicionais para o uso deste indicador são encontrados em Marinho, Cardoso e Almeida (2009).

6. Uma espécie de complementar ao indicador inicial.

O único insumo utilizado foi o gasto com saúde *per capita* (em US\$PPC). A composição desse gasto varia muito entre os países, tanto no que se refere à natureza da fonte de financiamento (público; privado direto – *out-of-pocket*–; privado via seguros ou planos de saúde; privado filantrópico; ajuda internacional) como nos seus componentes (medicamentos; seguros; exames; consultas; internações etc.). Dada essa complexidade, observa-se apenas o gasto total *per capita*, que é uma medida universalmente aceita do esforço social setorial total com saúde nos países.⁷

3 DEA

No sistema de entradas e saídas que representa um sistema de saúde, ocorre um processo de transformação complexo, que pode ser, com recomendáveis precauções, associado a um modelo que maximiza a produção de resultados, dados os recursos disponíveis. No presente trabalho será realizada uma avaliação da eficiência desse sistema, com a utilização do modelo de fronteira de eficiência conhecido como DEA. Basicamente, a DEA determina uma fronteira não estocástica de eficiência técnica para as unidades tomadoras de decisão – *decision making units* (DMUs) – produtivas, por meio de um modelo de programação matemática, e está disponível em vários *softwares* comerciais. Além de indicar as DMUs que são plenamente eficientes, a DEA aponta, para as ineficientes, metas (*targets*) ótimas de produção e de consumo, a partir dos dados observados nas eficientes e sem a imposição *ex ante* de alguma tecnologia arbitrária. Pode-se, também, inferir a natureza dos retornos de escala em cada uma das DMUs e obter, para cada DMU ineficiente, quais seriam as referências virtuosas (*peers*), cujas combinações convexas servem de caminho indicativo para a fronteira de eficiência.

Na DEA, qualquer DMU que produza menores quantidades de produtos que qualquer outra que tenha o mesmo consumo de recursos será dita *ineficiente*. Analogamente, qualquer DMU que gere os mesmos níveis de produtos e que consuma mais recursos do que qualquer outra também será dita *ineficiente*. Pode-se intuir uma noção de dominância no modelo, onde as unidades eficientes são aquelas que não são dominadas por nenhuma outra e que, por isso, determinam uma *fronteira de eficiência*. Como as DMUs podem, eventualmente, produzir múltiplos resultados (*outputs*) a

7. Fontes de dados: OMS (<<http://apps.who.int/ghodata/?vid=710#>>) e National Geographic Society (<<http://www3.nationalgeographic.com/places/countries/>>).

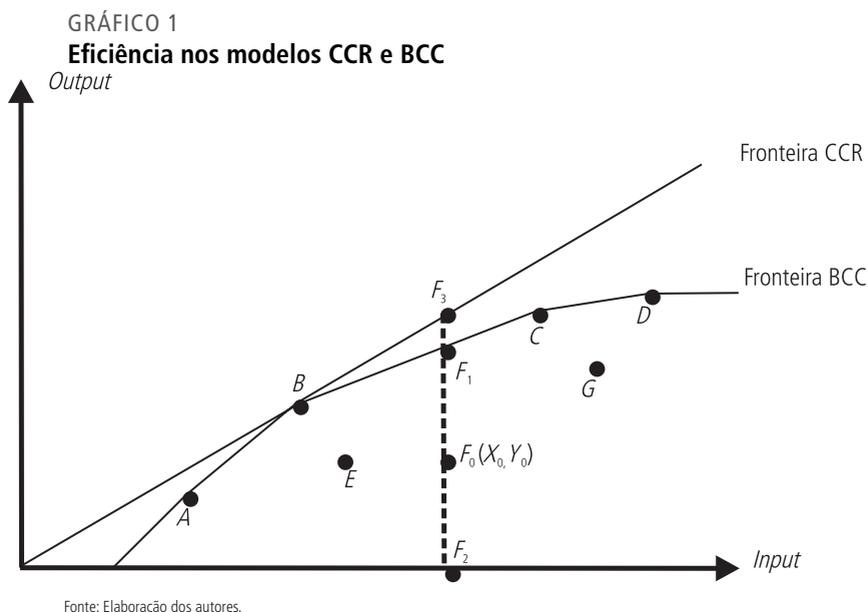
partir de múltiplos recursos (*inputs*) as comparações não são sempre muito simples. Nesses casos, tem-se um problema de programação matemática de solução não trivial. A DEA atribui, a cada DMU, um valor (escore) representativo de seu desempenho relativo. Usualmente esses escores variam entre zero e um, ou entre 0% e 100%, mas existem modelos que não impõem limites superiores para os escores. Quanto maior o escore, maior a eficiência estimada para a DMU.

A DEA possui a capacidade de tratar com variáveis aferidas em unidades de medidas diferentes, o que a coloca em condição privilegiada para avaliar programas públicos complexos. Mais especificamente, Cook, Kress e Seiford (1996) argumentam que, devido à natureza não lucrativa dos setores onde a DEA tem sido aplicada, os fatores analisados são frequentemente não econômicos e que, assim, “(...) os insumos e os produtos frequentemente representam fatores qualitativos”. Para construir a fronteira de eficiência, a DEA gera um *input* virtual e um *output* virtual, resultados da combinação de todos os *inputs* e *outputs*, normalizados pelos preços-sombra (os pesos calculados), de modo que as unidades de medida não têm nenhuma importância no resultado da análise.

Os modelos de DEA podem realizar a avaliação de eficiência privilegiando os possíveis aumentos da produção (*output oriented models* – modelos orientados para a produção), ou as possíveis reduções do consumo de recursos (*input oriented models* – modelos orientados para o consumo).

A utilização dessa metodologia na análise de sistemas de saúde, inclusive no Brasil, é crescente, e pode ser exemplificada, entre inúmeros outros, além dos nossos já citados trabalhos da série, por: Marinho e Façanha (2000) e Marinho (2002) onde são realizados exercícios de análise de eficiência dos hospitais universitários federais brasileiros; em Marinho (2003), que avalia a eficiência técnica da assistência à saúde prestada pelo Sistema Único de Saúde (SUS) nos municípios do Estado do Rio de Janeiro; por Proite e Sampaio de Souza (2004), que aplicam essa DEA aos hospitais do SUS em geral; por Calvo (2005), que avalia a eficiência de hospitais gerais do Estado de Mato Grosso do Sul; e por La Forgia e Couttolenc (2008), que avaliam a performance dos hospitais brasileiros em geral. No exterior, a utilização da DEA na avaliação do setor saúde é muito extensa – alguns exemplos seriam: Chilingerian (1994), Parkin e Hollingsworth (1997), Afonso e St. Aubyn (2005), Smith e Street (2005) e Joumard, André e Nicq (2010).

O gráfico 1 ilustra um exemplo hipotético de construção de fronteiras de eficiência utilizando dois modelos de DEA. O modelo CCR, que admite uma fronteira de eficiência com retornos constantes de escala, ou seja, uma reta passando pela origem dos eixos cartesianos, e o modelo BCC, que admite retornos variáveis de escala. Ambos os modelos serão detalhados mais adiante. As supostas unidades A , B , C , D , e F_1 , localizadas sobre a fronteira do modelo BCC são eficientes nesse modelo. A unidade F_3 é eficiente no modelo CCR, mas não faria parte da amostra analisada no modelo BCC, pois nenhuma unidade pode estar localizada acima da fronteira de eficiência de nenhum modelo. As unidades E , F_0 , F_2 e G , não são eficientes em nenhum dos dois modelos, pois estão localizadas abaixo das fronteiras. Por exemplo, de acordo com o modelo CCR, a unidade F_0 poderia expandir a sua produção (*output*) até o nível de produção da suposta unidade F_3 , sem aumentar o uso de recursos (*inputs*) fixado no mesmo nível da unidade F_2 . No modelo BCC, a mesma unidade F_0 poderia expandir a sua produção até o nível de produção da unidade F_1 , gastando apenas os recursos gastos por F_2 .



Quando se considera o modelo com retornos constantes de escala (o modelo CCR), a eficiência da DMU F_0 , em um modelo orientado para produto (*output*), é a razão entre a distância $\overline{F_2F_0}$ e a distância $\overline{F_3F_2}$. Porém, quando se considera o modelo com retornos variáveis de escala (o modelo BCC), a eficiência, em um modelo orientado para produto, da DMU F_0 é a razão entre a distância $\overline{F_2F_0}$ e a distância $\overline{F_2F_1}$.

Note-se que, sobre a reta que define a fronteira de eficiência no modelo CCR, a produtividade média é igual à produtividade marginal, ou seja, a produtividade média é máxima ao longo da fronteira, o que não ocorre sempre na fronteira de eficiência do modelo BCC. No modelo BCC, no gráfico 1, apenas o ponto B, onde as fronteiras do modelo CCR e do modelo BCC coincidem, tem a produtividade média igual à produtividade marginal. O ponto B representa, nos termos de Banker (1984), um “*most productive scale size (MPSS)*”, que poderíamos traduzir como escala ótima de produção. O modelo CCR, no qual todos os pontos ótimos são MPSS, ao impor retornos constantes de escala, considera que todos os fatores de produção tenham sido ajustados. O modelo CCR é um modelo de avaliação mais adequado para análises do comportamento das DMUs no longo prazo já que, no longo prazo, todos os fatores podem ser ajustados. O modelo BCC, ao considerar retornos variáveis de escala, possibilita admitir que nem todos os fatores de produção tenham sido ajustados, ou que alguns insumos sejam fixos, ou seja, trata-se de um modelo mais adequado para análise de desempenho no curto prazo, já que no longo prazo todos os fatores são ajustados. Logo, a eficiência de uma DMU de uma dada amostra, avaliada no modelo BCC, será maior ou igual do que a eficiência desta mesma DMU, na mesma amostra, avaliada no modelo CCR. Isso pode ser demonstrado, pois a eficiência no modelo $CCR = \frac{\overline{F_2 F_0}}{F_3 F_2}$. A eficiência no modelo $BCC = \frac{\overline{F_2 F_0}}{\overline{F_2 F_1}}$. Como $\overline{F_3 F_2} \geq \overline{F_2 F_1}$, então $BCC \geq CCR$.

A seguir, apresenta-se a representação formal de um modelo de DEA adequado ao problema ora estudado.

Seja um vetor de *inputs* $x \in R_+^n$ que produz um vetor de *outputs* $y \in R_+^m$. Uma suposição básica no presente estudo é que não se pode, e não se deseja reduzir, no curto prazo, de modo acentuado, os recursos postos à disposição dos sistemas de saúde. A otimização será realizada, preferencialmente, através da expansão da produção em um modelo orientado no sentido da *produção (output oriented model)*. A obtenção de um modelo orientado no sentido dos recursos é análoga.

Para medir o desempenho relativo de cada ano em relação a *best practice* nos J países, o seguinte problema de programação linear precisa ser resolvido, onde (x_o, y_o) é o vetor de *inputs* e de *outputs* do ano que está sendo avaliado. O modelo denomina-se modelo CCR, em homenagem aos seus criadores, Charnes, Cooper e Rhodes (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978):

Modelo CCR *output* orientado

Primal (forma dos multiplicadores)

Dual (forma da envoltória)

$$\text{Min}_{u,v} v^T x_0$$

$$\text{S.t. } u^T y_0 = 1$$

$$v^T x_i \geq u^T y_i \text{ ou } -u^T y_i + v^T x_i \geq 0$$

$$u^T \geq \varepsilon \cdot \bar{1}$$

$$v^T \geq \varepsilon \cdot \bar{1}$$

$$\text{Max}_{\theta, \lambda, s^+, s^-} (\theta + \varepsilon \cdot \bar{1} s^+ + \varepsilon \cdot \bar{1} s^-)$$

$$\text{S.t. } X\lambda + s^- = x_0$$

$$\theta y_0 + s^+ = Y\lambda \text{ ou } \theta y_0 + s^+ - Y\lambda = 0$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

onde:

X é uma matriz de *inputs* $n \times J$ com colunas x_j ;

Y é uma matriz de *outputs* $m \times J$ com colunas y_j ;

λ é um vetor $J \times 1$;

s^-, s^+ são os vetores $n \times 1$ e $m \times 1$, relacionados com os excessos e as folgas (*slacks*) dos *inputs* e dos *outputs*, respectivamente;

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0; \text{ e}$$

$\varepsilon < \lambda$ é uma constante positiva muito pequena (infinitesimal).

Estudando a eficiência no modelo, temos as seguintes propriedades:

- se alguma expansão radial é possível $\theta > 1$;
- se nenhuma expansão radial é possível $\theta = 1$; e
- no ponto ótimo $\theta = 1$, $X\lambda = x_0$ e $Y\lambda = y_0$, e todos os *slacks* são nulos.

O problema é resolvido J vezes⁸ gerando J valores ótimos para $(\theta, \lambda, s^-, s^+)$. Cada unidade é avaliada pelas suas possibilidades de expandir a sua produção sujeita às restrições impostas pelo melhor desempenho observado. A solução deve gerar preços-sombra (os multiplicadores λ s) ótimos para os *inputs* e *outputs*, considerando-se as restrições de que nenhuma DMU (que, no presente caso, são os países da OCDE e América Latina) pode estar além da fronteira e de que os multiplicadores sejam positivos. A presença do infinitésimo ε garante que a maximização radial será priorizada. Essa constante infinitesimal não é utilizada diretamente nos cálculos do modelo. Charnes, Rousseau e Semple (1992) demonstraram que não existe a necessidade de atribuição de valores numéricos para ε .

4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA DEA EM MODELOS ALTERNATIVOS

A tabela 1 e o gráfico 2 mostram os resultados obtidos pela metodologia em estudo – DEA – utilizando as seguintes variáveis: gasto com saúde *per capita* (US\$PPC), esperança de vida ao nascer homens, esperança de vida ao nascer mulheres e índice de sobrevivência infantil.

Modelo 1: modelo de maximização de *outputs* com retorno constante de escala;

Inputs: gasto com saúde *per capita* (US\$PPP);

Outputs: esperança de vida ao nascer homens, esperança de vida ao nascer mulheres e índice de sobrevivência infantil.

8. O *software* utilizado foi o Warwick Windows DEA, Version 1.02 que, inicialmente, calcula a eficiência radial das unidades de acordo com as prioridades especificadas no modelo (no caso, 100% orientado para *outputs*), seguindo-se a minimização dos *slacks*.

TABELA 1
Modelo 1: eficiência dos países
 (Em %)

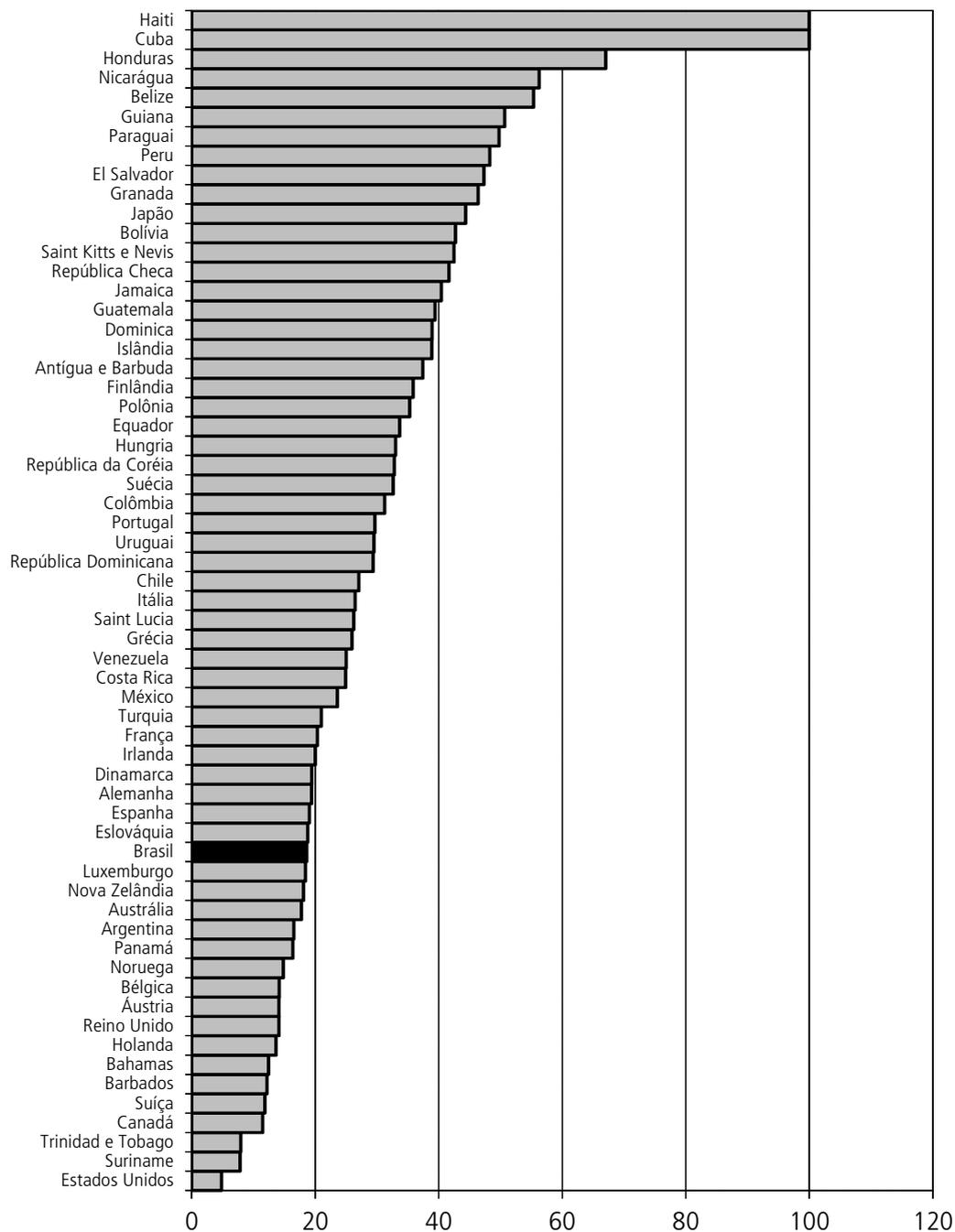
Países	Eficiência	Países	Eficiência
Estados Unidos	4,840	Chile	27,070
Suriname	7,830	República Dominicana	29,400
Trinidad e Tobago	7,950	Uruguai	29,530
Canadá	11,490	Portugal	29,660
Suíça	11,840	Colômbia	31,250
Barbados	12,200	Suécia	32,620
Bahamas	12,460	República da Coreia	32,840
Holanda	13,680	Hungria	33,040
Reino Unido	14,160	Equador	33,690
Áustria	14,160	Polônia	35,320
Bélgica	14,180	Finlândia	35,850
Noruega	14,860	Antígua e Barbuda	37,420
Panamá	16,390	Islândia	38,890
Argentina	16,550	Dominica	38,940
Austrália	17,760	Guatemala	39,410
Nova Zelândia	18,110	Jamaica	40,440
Luxemburgo	18,440	República Tcheca	41,660
Brasil	18,640	Saint Kitts e Nevis	42,470
Eslováquia	18,810	Bolívia	42,720
Espanha	19,050	Japão	44,360
Alemanha	19,410	Granada	46,400
Dinamarca	19,470	El Salvador	47,330
Irlanda	20,020	Peru	48,270
França	20,380	Paraguai	49,770
Turquia	21,010	Guiana	50,690
México	23,600	Belize	55,370
Costa Rica	24,930	Nicarágua	56,280
Venezuela	25,010	Honduras	67,040
Grécia	25,980	Cuba	100,000
Saint Lucia	26,250	Haiti	100,000
Itália	26,480		

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 2

Modelo 1: eficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores.

O gráfico 2 e a tabela 1 revelam uma notória simetria entre os modelos com o mesmo conjunto de variáveis gerados nos primeiros textos desta série. Observa-se que os melhores colocados, Cuba e Haiti, obtiveram bom desempenho ao longo de nosso estudo. O desempenho aqui verificado também ocorre em vários (mas não em todos) modelos de nossos estudos para o pior classificado no atual modelo 1, os Estados Unidos, com um escore igual a 4,840. Conforme veremos, os Estados Unidos atingem 100% de eficiência em alguns modelos, conforme também já ocorrera na comparação com os países da OCDE (Marinho, Cardoso e Almeida, 2009).

Mais especificamente, no presente modelo 1, Cuba e Haiti preservam os melhores desempenhos conquistados no modelo 1 da comparação de sistemas de saúde latino-americanos e caribenhos (Marinho, Cardoso e Almeida, 2011) atingindo o escore máximo de eficiência (escore = 100%). O Haiti tem, de modo perene, conforme se verá adiante, um ótimo desempenho em todos os modelos do presente estudo, como também aconteceu na comparação com os países de América Latina e Caribe, no estudo já citado. Isso nem sempre aconteceu com Cuba, que tem bons indicadores de saúde, mas não foi tão bem nos modelos de SFs utilizados naquele mesmo estudo, e no presente texto.

O Brasil, dentre os 61 países comparados, se classifica na 44ª posição, com um escore de eficiência igual a 18,640%. Mas o país, conforme veremos, também atingirá escores máximos de eficiência (100%) em alguns modelos do presente estudo. Isso já havia acontecido nos trabalhos anteriores, quando o sistema de saúde do Brasil foi comparado com os sistemas dos países da OCDE (Marinho, Cardoso e Almeida, 2009) ou com os sistemas dos países da América Latina e Caribe (Marinho, Cardoso e Almeida, 2011).

Cabem, neste ponto, ressalvas significativas. Em primeiro lugar, ressalte-se que eficiência não é, no presente contexto, sinônimo de efetividade de sistemas de saúde. Resumidamente, conforme Marinho e Façanha (2001), a efetividade diz respeito à capacidade de se promover resultados pretendidos. Obviamente, os resultados em saúde obtidos no Haiti não são os pretendidos. Por sua vez, a eficiência denotaria competência para se produzir resultados com dispêndio mínimo de recursos e esforços, em termos relativos. Assim, ainda que avaliado na amostra como relativamente eficiente, o sistema de saúde do Haiti não seria efetivo. Embora, no Haiti, a taxa de

transformação de recursos (*inputs*) em resultados (*outputs*) seja comparativamente alta, em termos amostrais, os recursos são claramente insuficientes para atingir os resultados desejados (pretendidos) e a situação de saúde naquele país é muito ruim, de acordo com os indicadores que compilamos.

O segundo ponto é que, admitindo que a saúde é um importante condicionante do bem-estar dos indivíduos, a eficiência do Haiti, nos modelos utilizados, revela que o investimento em saúde pode mostrar-se como uma estratégia eficiente para o aumento do bem-estar neste país. Aumentos dos gastos *per capita* em saúde no Haiti devem proporcionar resultados bem melhores, em termos relativos, do que os observados em países mais desenvolvidos e com melhores indicadores de saúde, que já apresentariam retornos marginais decrescentes para os seus elevados gastos em saúde.⁹

Eventualmente, em nossos estudos, alguns países desenvolvidos apresentaram eficiência relativa não muito alta, como os Estados Unidos. Esse país possui bons indicadores de saúde, apesar de não avaliado como eficiente em alguns de nossos modelos, mesmo quando comparado apenas com os países da OCDE e o Brasil (Marinho, Cardoso e Almeida, 2009, 2012). Os Estados Unidos também não foram bem avaliados em outros estudos (OMS, 2000; Joumard, André e Nicq, 2010). Provavelmente, nos Estados Unidos, e em outros países da amostra, os investimentos bem-sucedidos em saúde, feitos no passado, permitem manter a efetividade a despeito de alguma ineficiência relativa nos gastos correntes em saúde. Até mesmo porque esses gastos continuam relativamente elevados. A bibliografia citada aponta inúmeras razões para o mau desempenho dos Estados Unidos (baixa produtividade setorial; incorporação de tecnologias cada vez mais caras; presença generalizada de *moral-hazard*; fortes desigualdades em saúde; sistema de pagamentos baseado em custos em vez de resultados – *outcomes*; resistência política à implementação de reformas; entre outros). Esse é um ponto que deixaremos, por concisão, para eventuais futuras reflexões mais aprofundadas.¹⁰

Note-se, a seguir, que a inclusão das variáveis anos de vida recuperados para doenças transmissíveis; doenças não transmissíveis; e causas externas mantém a análise do modelo 1, como mostrado na tabela 2 e no gráfico 3.

9. Para mais detalhes, ver Barros (2005, particularmente cap. 4); Santerre e Neun (2000, notadamente cap. 4) e Zweifel e Breyer (1997, especialmente cap. 1).

10. Uma boa referência inicial sobre o assunto é Garber e Skinner (2008).

TABELA 2
Modelo 2: eficiência dos países
 (Em %)

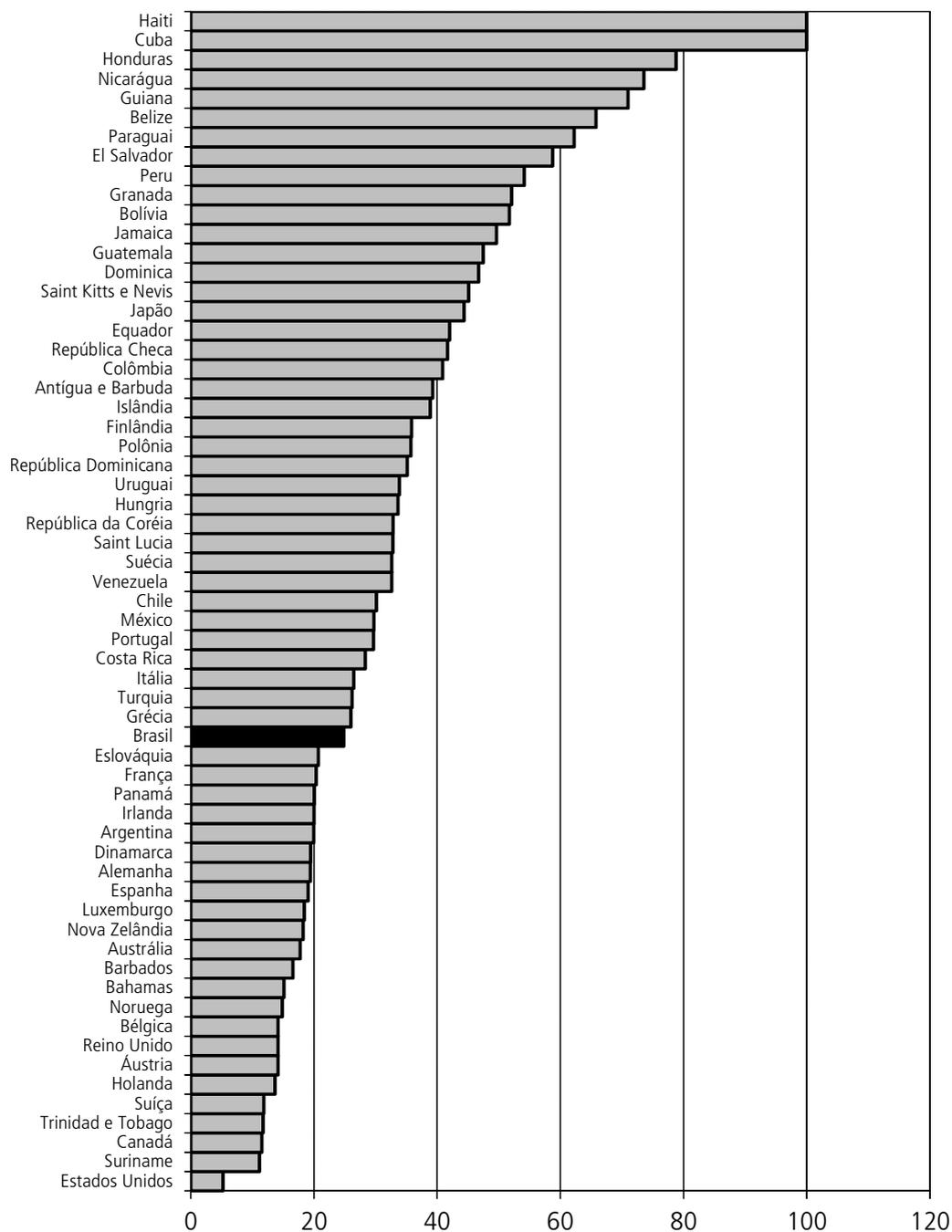
Países	Eficiência	Países	Eficiência
Estados Unidos	5,230	Venezuela	32,600
Suriname	11,140	Suécia	32,620
Canadá	11,520	Saint Lucia	32,830
Trinidad e Tobago	11,750	República da Coreia	32,850
Suíça	11,840	Hungria	33,650
Holanda	13,680	Uruguai	33,880
Áustria	14,160	República Dominicana	35,140
Reino Unido	14,170	Polônia	35,710
Bélgica	14,180	Finlândia	35,850
Noruega	14,860	Islândia	38,890
Bahamas	15,140	Antígua e Barbuda	39,290
Barbados	16,580	Colômbia	40,880
Austrália	17,760	República Tcheca	41,660
Nova Zelândia	18,230	Equador	42,030
Luxemburgo	18,440	Japão	44,360
Espanha	19,050	Saint Kitts e Nevis	45,120
Alemanha	19,410	Dominica	46,720
Dinamarca	19,470	Guatemala	47,460
Argentina	19,960	Jamaica	49,630
Irlanda	20,020	Bolívia	51,740
Panamá	20,040	Granada	52,060
França	20,380	Peru	54,140
Eslováquia	20,700	El Salvador	58,750
Brasil	24,860	Paraguai	62,250
Grécia	25,980	Belize	65,800
Turquia	26,180	Guiana	70,980
Itália	26,480	Nicarágua	73,570
Costa Rica	28,320	Honduras	78,780
Portugal	29,660	Cuba	100,000
México	29,720	Haiti	100,000
Chile	30,150		

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 3

Modelo 2: eficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores.

Modelo 2: modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala;
Inputs: gasto com saúde *per capita* (US\$PPC);

Outputs: esperança de vida ao nascer homens; esperança de vida ao nascer mulheres; índice de sobrevivência infantil; anos de vida recuperados por doenças transmissíveis; anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis; e anos de vida recuperados por causas externas.

Preservando a analogia deste modelo com o modelo 2 gerado nos textos da OCDE e da América Latina, observa-se que Cuba e Haiti novamente atingem o desempenho máximo. Os Estados Unidos continuam a apresentar o pior desempenho, seguidos de Suriname e Canadá. A média geral de eficiência aumentou de 30,72% no modelo 1 para 34,40% no modelo 2. O Brasil, apesar de uma ligeira melhora na sua posição com relação ao modelo 1, onde ocupava a 44ª posição, ainda ocupa a 40ª posição.

4.1 TESTANDO A UNICIDADE DA FRONTEIRA

O objetivo desta parte do estudo consiste na aferição da unicidade da fronteira de eficiência, conforme proposto, e utilizado, por Charnes, Cooper e Rhodes (1981), Gstach (1995) e por Brockett e Golany (1996). Esse procedimento já foi aplicado em prestadores de serviços de saúde por Prior (1996) em hospitais gerais na Espanha e, no Brasil, em hospitais universitários federais por Marinho e Façanha (2000) e em Marinho, Cardoso e Almeida (2011, 2012). Conforme será descrito a seguir, tal procedimento verifica se a amostra analisada é homogênea e, portanto, passível a testes de comparabilidade. Busca-se discriminar o desempenho devido à qualidade dos sistemas de saúde por razões não atribuíveis à gestão dos mesmos, do desempenho devido à qualidade da gestão. Por exemplo, um mau resultado pode ser, em princípio, atribuível a problemas de gestão (uma “má” gestão) ou a problemas estruturais (um “mau” sistema). Para mitigar o problema, realiza-se a avaliação em separado de subgrupos dos sistemas, com a projeção de cada um deles para os valores ótimos (*targets*) nos subgrupos, e a posterior comparação unificada dos subgrupos ajustados para os valores ótimos. Os testes serão aplicados apenas no modelo mais amplo (modelo 2), originando o modelo 3, por motivos de concisão do estudo, e porque os resultados podem ser estendidos em modelos mais simples, que tendem a discriminar mais as DMUs. A realização dos testes seguiu o seguinte roteiro:

- 1) Considerando o gasto com saúde *per capita* o principal *input* do modelo, a amostra composta por 61 países foi dividida em duas subamostras. O critério utilizado para compor as duas subamostras foi dividir a amostra inicial pela mediana do gasto com saúde *per capita* (Hungria = US\$ 1.453,00) no modelo CCR (retornos constantes de escala) que, conforme visto, apresenta um *ranking* com maior discriminação do que o modelo BCC (retornos variáveis de escala). Feito isso, foram calculadas duas novas fronteiras de eficiência para cada subamostra especificada, gerando novos *targets* (valores ótimos de cada variável para cada unidade em estudo).
- 2) O próximo passo realizado foi ajustar as unidades de cada fronteira para seus respectivos níveis ótimos, substituindo os valores observados das variáveis dos países ineficientes pelos *targets* indicados.
- 3) Posteriormente, calcula-se uma nova fronteira para a amostra global ajustada (as duas subamostras conjuntamente).

Cabe, neste ponto, uma observação importante. Uma das variáveis utilizadas no modelo foi a esperança de vida ao nascer. Quando são calculados os valores ótimos desta variável, podem surgir valores não realistas. Um exemplo¹¹ foi o caso em que o *target* gerado para esta variável foi de 390 anos para os Estados Unidos, o que claramente não é factível. Portanto, o procedimento utilizado neste caso foi, para valores maiores que o valor máximo desta variável na amostra original (valor observado), substituir o valor calculado pelo modelo por este limite máximo. O limite máximo observado para a esperança de vida ao nascer, na amostra, é atingido na Austrália, Islândia, Japão e Suíça (80 anos para homens) e Japão (86 anos para mulheres).

- 4) Após o cálculo da nova fronteira, divide-se novamente a amostra pela metodologia indicada no item 1 (mediana da distribuição do gasto *per capita* em saúde) e, utilizando testes não paramétricos, testa-se a hipótese nula de que ambas as amostras sejam estatisticamente iguais.

11. O conjunto completo dos *targets* de todas as variáveis, para todos os países, não é apresentado devido a sua enorme extensão, mas está disponível com os autores.

O teste de Spearman indica que as amostras não são independentes. Assim, conforme Brockett e Golany (1996), o teste mais indicado para a verificação da unicidade da fronteira de eficiência é o teste de Wilcoxon *Signed-Rank*. Esse não é um teste paramétrico, similar ao teste-t, e que visa testar se duas amostras estatisticamente não independentes pertencem à mesma população. O teste de Wilcoxon *Signed-Rank* gera uma estatística W , obtida em uma soma dos *rankings* da subamostra menor ou, em caso de amostras do mesmo tamanho, daquela que for listada primeiro, e que será comparado com uma estatística semelhante gerada na outra subamostra. Se ambas as amostras pertencerem a uma mesma população, os *rankings* de ambas as amostras devem ser parecidos. Em nosso caso, o teste rejeita a hipótese de que a fronteira seja única. Assim, no modelo mais amplo existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos de países, e as amostras são estatisticamente heterogêneas.

Os resultados utilizando a referida metodologia são apresentados no modelo 3, representado nas tabelas 3 e 4 e nos gráficos 4 e 5.

Testes de independência entre as amostras – teste de Spearman:

Teste de hipótese

H_0 : as amostras são independentes;

H_1 : as amostras não são independentes;

Número de observações = 30;

Spearman's rho = 0,969 (estatística de teste); e

Prob. > $|t|$ = 0,0000.

Teste de unicidade das fronteiras (teste de Wilcoxon *Signed-Rank*):

Teste de hipótese

H_0 : as fronteiras são iguais;

H_1 : as fronteiras não são iguais;

Sinal	Observações	Soma dos <i>rankings</i>	Esperado
Positivo	0	0	232,5
Negativo	30	465	232,5
Zero	0	0	0,0
Todos	30	465	465,0

Variância não ajustada = 2363,75;

Ajuste por empates = -0,50;

Ajuste por zeros = 0,00;

Variância ajustada = 2.363,25;

$W = -4,783$ (estatística de teste);

Prob. $> |t| = 0,000$.

Modelo 3: modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala;

Inputs: gasto com saúde *per capita* (US\$PPC);

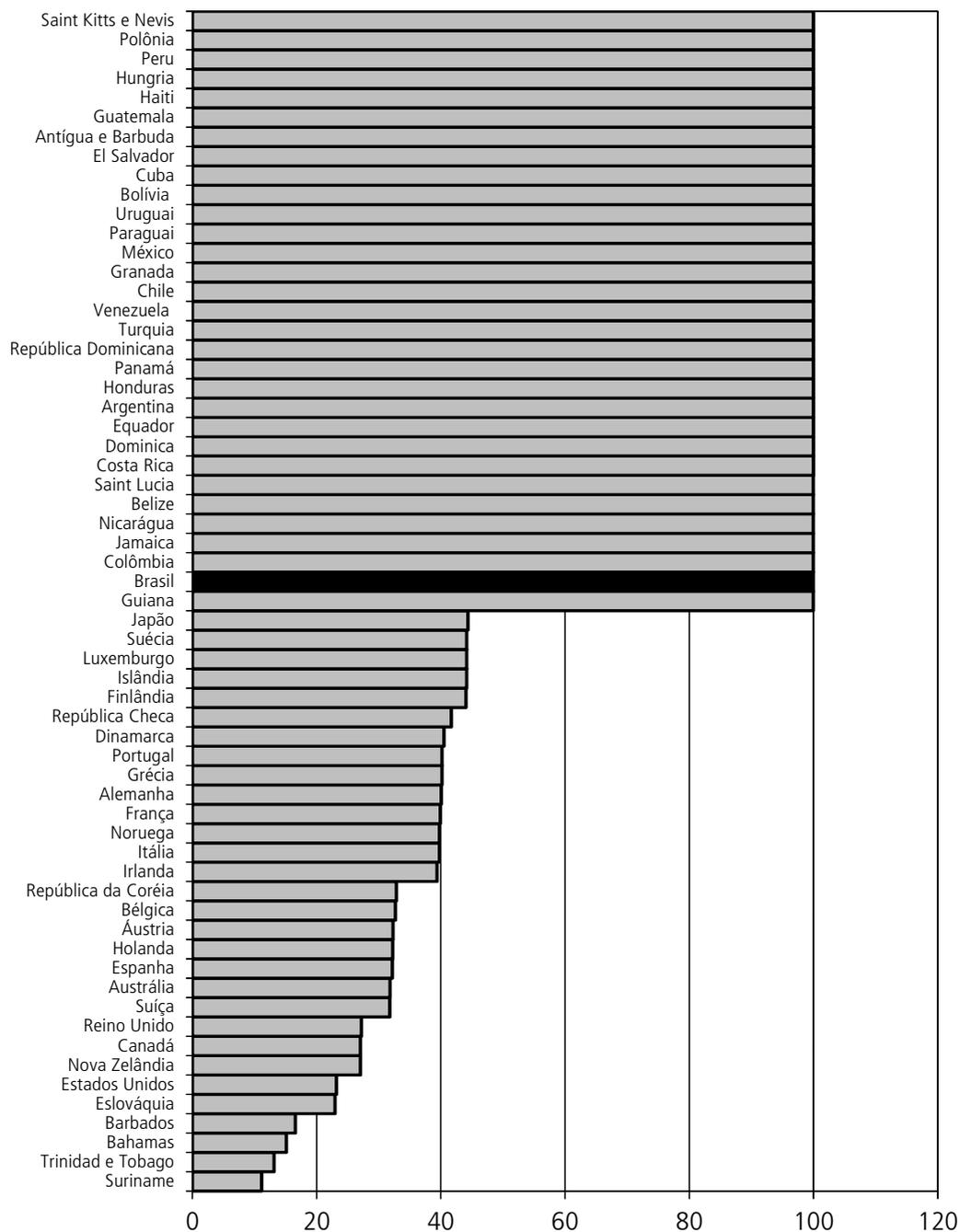
Outputs: esperança de vida ao nascer homens; esperança de vida ao nascer mulheres; índice de sobrevivência infantil; anos de vida recuperados por doenças transmissíveis; anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis; e anos de vida recuperados por causas externas.

Pode-se ver que, na amostra ajustada pelo teste de unicidade, com ou sem imposição de restrição de limite máximo para a esperança de vida ao nascer, o Brasil, embora não esteja exatamente sobre a fronteira de eficiência, está muito próximo dela, com um escore de 99,960%. Por essa análise, os países que apresentaram os piores desempenhos foram Suriname, Trinidad e Tobago, Bahamas, Barbados, Eslováquia e Estados Unidos. No outro extremo, países como Bolívia, Cuba, El Salvador, Antígua e Barbuda, Guatemala, Haiti, Hungria, Peru e Polônia, e Saint Kitts e Nevis (no modelo restrito) apresentaram eficiência máxima. É importante ressaltar, ainda, que o escore de eficiência de cada país na tabela 3 e no gráfico 4, e o correspondente escore na tabela 4 e no gráfico 5 divergem, quando muito, na segunda casa decimal, o que seria irrelevante dadas as limitações e os objetivos de nosso estudo. Considerando o alto grau de heterogeneidade da amostra utilizada, os próximos exercícios tiveram como objetivo tentar explicar os determinantes dessas dessemelhanças que estivessem além do controle dos gestores dos sistemas de saúde de cada país, utilizando a inclusão de variáveis não discricionárias.

GRÁFICO 4

Modelo 3: eficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores.

Obs.: Não foram impostas restrições na variável esperança de vida ao nascer para homens e esperança de vida ao nascer para mulheres.

TABELA 3
Modelo 3: eficiência dos países
(Em %)

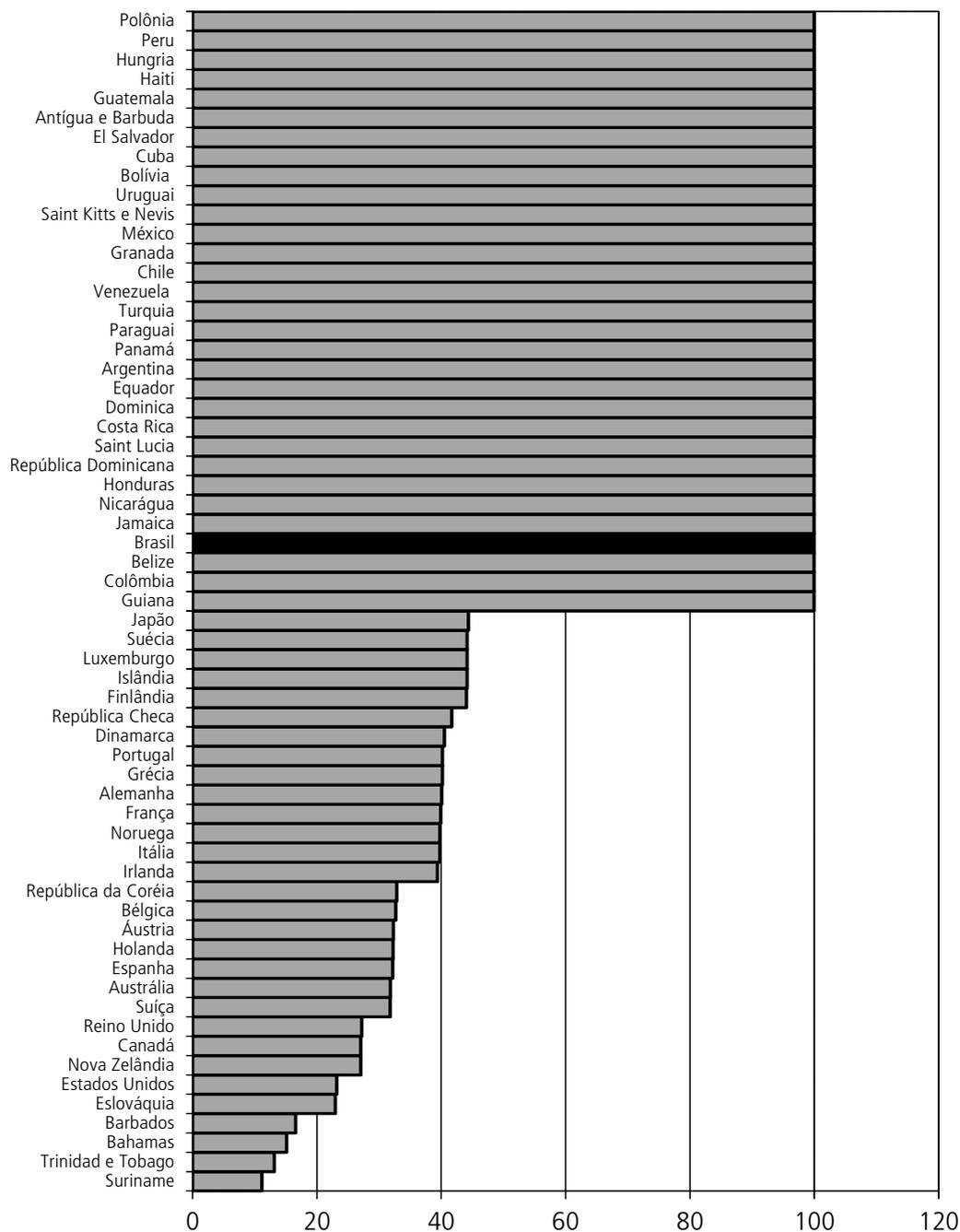
Países	Eficiência	Países	Eficiência
Suriname	11,140	Guiana	99,940
Trinidad e Tobago	13,140	Brasil	99,960
Bahamas	15,140	Colômbia	99,960
Barbados	16,570	Jamaica	99,960
Eslováquia	22,960	Nicarágua	99,960
Estados Unidos	23,210	Belize	99,960
Nova Zelândia	27,040	Saint Lucia	99,970
Canadá	27,050	Costa Rica	99,980
Reino Unido	27,220	Dominica	99,980
Suíça	31,780	Equador	99,980
Austrália	31,830	Argentina	99,980
Espanha	32,190	Honduras	99,980
Holanda	32,270	Panamá	99,980
Áustria	32,300	República Dominicana	99,980
Bélgica	32,710	Turquia	99,980
República da Coreia	32,850	Venezuela	99,980
Irlanda	39,400	Chile	99,990
Itália	39,790	Granada	99,990
Noruega	39,800	México	99,990
França	39,920	Paraguai	99,990
Alemanha	40,080	Uruguai	99,990
Grécia	40,160	Bolívia	100,000
Portugal	40,190	Cuba	100,000
Dinamarca	40,500	El Salvador	100,000
República Tcheca	41,660	Antígua e Barbuda	100,000
Finlândia	44,030	Guatemala	100,000
Islândia	44,140	Haiti	100,000
Luxemburgo	44,140	Hungria	100,000
Suécia	44,140	Peru	100,000
Japão	44,360	Polônia	100,000
		Saint Kitts e Nevis	100,000

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 5

Modelo 3: eficiência dos países com esperança de vida ao nascer restrita

(Em %)



Elaboração dos autores.

Obs.: Foram aplicadas restrições na variável esperança de vida ao nascer para homens e esperança de vida ao nascer para mulheres (limite máximo de 70 anos para homens e de 86 anos para mulheres).

TABELA 4

Modelo 3: eficiência dos países com esperança de vida ao nascer restrita

(Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Suriname	11,14	Guiana	99,94
Trinidad e Tobago	13,14	Colômbia	99,95
Bahamas	15,14	Belize	99,95
Barbados	16,57	Brasil	99,96
Eslováquia	22,96	Jamaica	99,96
Estados Unidos	23,21	Nicarágua	99,96
Nova Zelândia	27,04	Honduras	99,97
Canadá	27,05	República Dominicana	99,97
Reino Unido	27,22	Saint Lucia	99,97
Suíça	31,78	Costa Rica	99,98
Austrália	31,83	Dominica	99,98
Espanha	32,19	Equador	99,98
Holanda	32,27	Argentina	99,98
Áustria	32,30	Panamá	99,98
Bélgica	32,71	Paraguai	99,98
República da Coreia	32,85	Turquia	99,98
Irlanda	39,40	Venezuela	99,98
Itália	39,79	Chile	99,99
Noruega	39,80	Granada	99,99
França	39,92	México	99,99
Alemanha	40,08	Saint Kitts e Nevis	99,99
Grécia	40,16	Uruguai	99,99
Portugal	40,19	Bolívia	100,00
Dinamarca	40,50	Cuba	100,00
República Tcheca	41,66	El Salvador	100,00
Finlândia	44,03	Antígua e Barbuda	100,00
Islândia	44,14	Guatemala	100,00
Luxemburgo	44,14	Haiti	100,00
Suécia	44,14	Hungria	100,00
Japão	44,36	Peru	100,00
		Polônia	100,00

Elaboração dos autores.

4.2 AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS (VARIÁVEIS NÃO DISCRICIONÁRIAS)

Este estudo, como destacado anteriormente, unificou as amostras dos países da OCDE, da América Latina e do Caribe, analisadas em Marinho, Cardoso e Almeida (2009, 2011, 2012). Nesse sentido, a própria construção da amostra utilizada gera um alto grau de heterogeneidade, seja com relação aos indicadores de saúde, seja com relação às características físicas e populacionais dos países. Por essa razão, tornou-se necessário incluir, na análise dos sistemas de saúde, variáveis não controláveis pelos gestores dos sistemas de saúde dos países, mas que, em certa medida, poderiam impactar no desempenho destes com relação à provisão dos cuidados à saúde das populações adscritas. Assim, serão realizados testes incluindo as chamadas variáveis não discricionárias, ou ambientais, a fim de captar essas desigualdades. As variáveis não discricionárias utilizadas no presente trabalho foram, para cada país, população; área geográfica; e densidade demográfica. Os dados populacionais foram obtidos na National Geographic Society (apêndice A). Outras variáveis não discricionárias de interesse (por exemplo, a proporção de fumantes na população, ou o consumo de bebidas alcoólicas) e mais relacionadas com a saúde poderiam ser incluídas, mas a ausência de dados confiáveis limita essa possibilidade. Mas vale atentar para o fato de que variáveis desse tipo, de certo modo, impactam a esperança de vida ao nascer e a taxa de mortalidade infantil, que são contempladas no estudo. O consumo de álcool embora indiretamente, afeta, até mesmo, as causas externas de mortalidade. E os gestores dos sistemas de saúde costumam influenciar tais variáveis por meio de campanhas educativas, o que as torna menos discricionárias do que as variáveis que utilizamos, e que são bastante exógenas¹² aos sistemas de saúde. Os resultados são os que se seguem evidenciados nas tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10 e nos gráficos 6, 7, 8, 9 e 10.

No primeiro conjunto de evidências, especificamente, na tabela 5 e no gráfico 6, foi utilizado como *input* o gasto com saúde *per capita* e como *outputs* a esperança de vida ao nascer para homens; a esperança de vida ao nascer para mulheres; e o índice de sobrevivência infantil. Nesse caso, a variável não discricionária utilizada foi a população de cada país. A população, a coletividade e os grupos humanos são bases naturais de estudos epidemiológicos (Dever, 1998; Rouquayrol e Almeida Filho, 2001).¹³

12. O tamanho da população talvez não seja tão exógeno, pois é influenciado pela taxa de mortalidade, pela esperança de vida e pela eventual presença de controles de natalidade.

13. Rouquayrol e Almeida Filho (2001, p. 15) asseveram, ainda, que "A epidemiologia é o eixo da saúde pública".

Em princípio, pode-se especular que maiores populações podem gerar maiores problemas de gestão e de controle de grandes sistemas de saúde; apresentam maiores possibilidades de contágios de doenças transmissíveis e de violências relacionadas com grandes aglomerações; e grandes centros urbanos, que suscitam maiores possibilidades de desigualdades sociais, apresentam maiores dificuldades para acompanhamento de indivíduos e costumam exibir grande diversidade de doenças e de agravos à saúde. Além disso, as prováveis disparidades étnicas, religiosas, culturais e políticas, usualmente presentes em grandes contingentes populacionais, não devem, em princípio, favorecer a gestão dos sistemas de saúde em tais circunstâncias. Assim, países com grandes populações, como Japão, Brasil, Estados Unidos e México, entre outros, podem ter a sua avaliação prejudicada em arcabouços metodológicos que não contemplem compensações para esta característica específica. O oposto poderia ocorrer com países com populações relativamente pequenas, como Saint Kitts e Nevis, Dominica, Antígua Barbuda etc. Problemas de gestão similares aos encontrados em grandes contingentes populacionais poderiam ocorrer em países com territórios (área geográfica) muito grandes. Na amostra, esses são os casos, por exemplo, de Brasil e Estados Unidos. Nesse caso, as grandes distâncias, e os prováveis obstáculos naturais, podem servir, no mínimo, de elementos multiplicadores de custos; de deseconomias de escala (devidas às eventuais necessidades de dispersão dos serviços); e de dificuldades de acesso das populações aos serviços.

Adicionalmente, eventuais divisões político-administrativas poderiam ser elementos complicadores da gestão de sistemas de saúde. Dever (1998, cap. 9) qualifica a análise estática da população como um dos elementos fundamentais da epidemiologia descritiva e arrola, entre os seus principais conceitos descritivos, a densidade e o tamanho da população. Rouquayrol e Almeida Filho (2001, p. 92-101) também discorrem sobre tal problemática de acordo com um ponto de vista epidemiológico. Marinho, Cardoso e Almeida (2009, 2011, 2012) incluem o tamanho da população, a área geográfica e a densidade demográfica como eventuais determinantes dos desempenhos de sistemas de saúde. Um modo inicial, ainda que muito rudimentar, de tentar reduzir as influências de ambas as variáveis, é utilizar, conforme será mostrado, a densidade demográfica nos modelos. Obviamente, tal síntese não elimina todo o conjunto de óbices e de disparidades já mencionados, mas, conforme se verá, é um primeiro passo nessa direção. A necessidade de inclusão de indicadores mais precisos e úteis, por ora, fica apenas registrada, mas é de interesse dos desejados desdobramentos desta pesquisa.

Na prática, os modelos de DEA acomodam esses problemas de diversas maneiras. Uma delas, aqui adotada, inclui essas variáveis não discricionárias no conjunto de restrições dos modelos, mas não as incluindo na função objetivo a ser maximizada (como nos modelos aqui utilizados, que são *output oriented*), ou minimizada.^{14,15} Uma alternativa bastante adotada, e utilizada, por exemplo, em Marinho (2003), consiste no método de dois estágios. Nesses modelos, as variáveis não discricionárias são utilizadas como variáveis explicativas (independentes), em modelos de regressão nos quais os escores de eficiência calculados pela DEA são as variáveis dependentes. Assim, consegue-se inferir os impactos de tais variáveis sobre os escores de eficiência das DMUs sob análise. Essa abordagem é problematizada por Simar e Wilson (2007), que discutem as propriedades dos estimadores das regressões, pois os estimadores da DEA não são serialmente independentes. Cabe ressaltar, ainda, que o modelo aqui utilizado, apresentado em Banker e Morey (1986), pode fazer alguma superestimativa dos escores de eficiência das DMUs por, eventualmente, comparar algumas das unidades com outras em situação desfavorável, conforme argumenta Ruggiero (1996). Entretanto, ainda que isso efetivamente ocorra (o que é um problema empírico não trivialmente tratável), alguma correção é feita, com resultados aprimorados em relação a modelos que não consideram o problema.

Modelo 4: modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala;

Inputs: gasto com saúde *per capita* (US\$PPC);

Outputs: esperança de vida ao nascer homens, esperança de vida ao nascer mulheres, índice de sobrevivência infantil e população (variável não discricionária).

Analisando o gráfico 6, é possível perceber que, além dos países que já apresentavam eficiência máxima (Cuba e Haiti) em modelos anteriores, países populosos melhoraram seus desempenhos, destacando-se, neste conjunto, Estados Unidos, Brasil, Japão e México. Novamente como em outros modelos deste texto, o país que apresentou o pior desempenho foi Suriname, seguido de Trinidad e Tobago e Suíça, que também não apresentam bom desempenho ao longo deste estudo. No outro extremo, os países que apresentaram eficiência máxima foram Brasil, Colômbia, Cuba, Estados Unidos,

14. Tal método, em princípio, parece naturalmente mais compatível (como se verá mais adiante) com a utilização de FSs, porque permite incluir, diretamente, as mesmas variáveis em ambos os tipos de fronteiras.

15. Para mais informações técnicas, ver Charnes *et al.* (1994, cap. 3).

Haiti, Japão, México, Peru, Polônia, República da Coreia e Turquia. Observa-se aqui que, assim como nos modelos incluindo a variável população das comparações entre países da OCDE, América Latina e Caribe, a inclusão dessa variável não discricionária torna os países mais populosos, também, mais eficientes.

No modelo 5, seguindo a lógica supramencionada, a variável não discricionária escolhida foi a área geográfica de cada país e os resultados são os que se seguem.

TABELA 5
Modelo 4: eficiência dos países
(Em %)

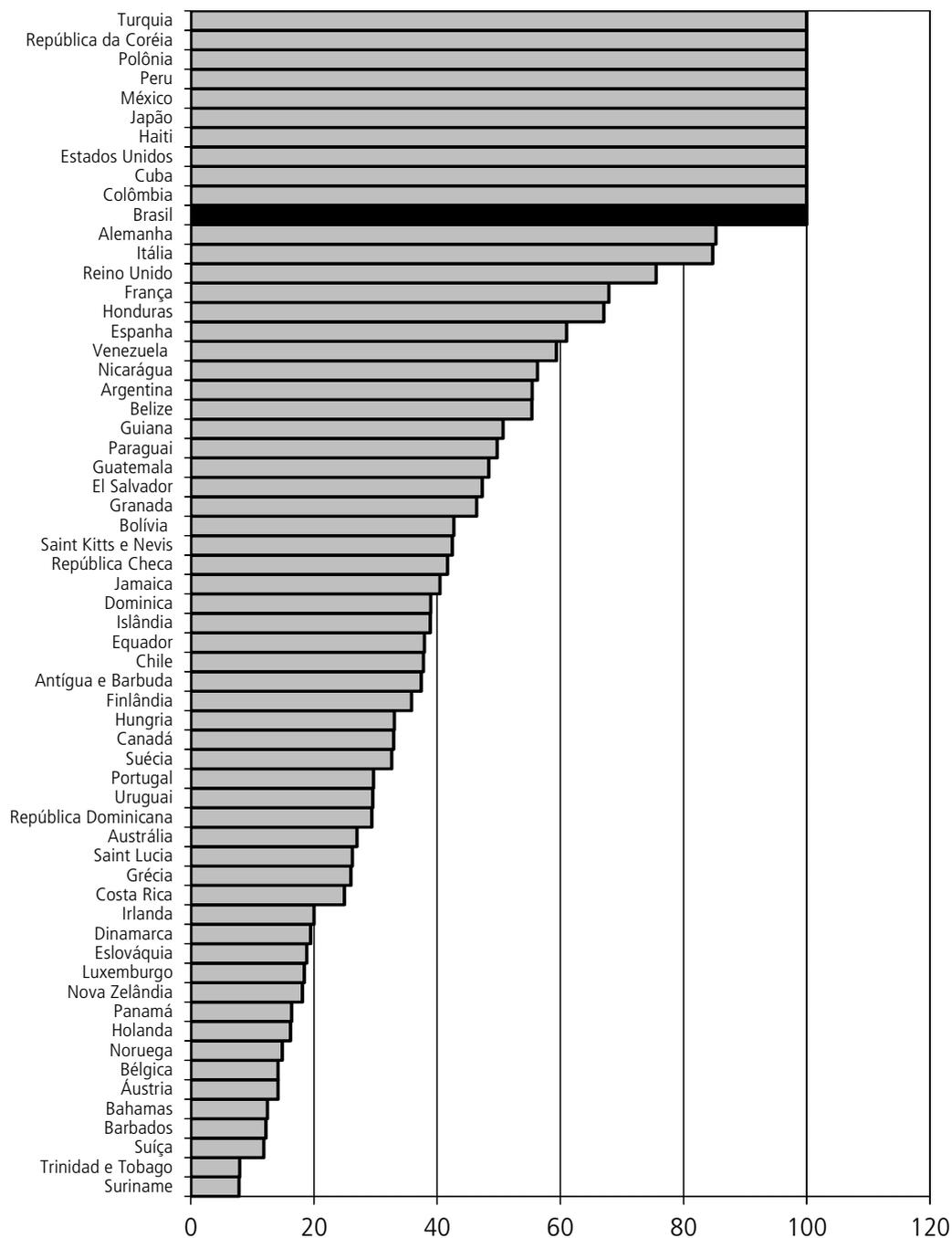
Países	Eficiência	Países	Eficiência
Suriname	7,830	Jamaica	40,440
Trinidad e Tobago	7,950	República Tcheca	41,660
Suíça	11,840	Saint Kitts e Nevis	42,470
Barbados	12,200	Bolívia	42,720
Bahamas	12,460	Granada	46,400
Áustria	14,160	El Salvador	47,330
Bélgica	14,180	Guatemala	48,370
Noruega	14,860	Paraguai	49,770
Holanda	16,200	Guiana	50,690
Panamá	16,390	Belize	55,370
Nova Zelândia	18,110	Argentina	55,440
Luxemburgo	18,440	Nicarágua	56,280
Eslováquia	18,810	Venezuela	59,370
Dinamarca	19,470	Espanha	61,030
Irlanda	20,020	Honduras	67,040
Costa Rica	24,930	França	67,890
Grécia	25,980	Reino Unido	75,550
Saint Lucia	26,250	Itália	84,740
Austrália	26,970	Alemanha	85,260
República Dominicana	29,400	Brasil	100,000
Uruguai	29,530	Colômbia	100,000
Portugal	29,660	Cuba	100,000
Suécia	32,620	Estados Unidos	100,000
Canadá	32,940	Haiti	100,000
Hungria	33,040	Japão	100,000
Finlândia	35,850	México	100,000
Antígua e Barbuda	37,420	Peru	100,000
Chile	37,790	Polônia	100,000
Equador	37,940	República da Coreia	100,000
Islândia	38,890	Turquia	100,000
Dominica	38,940		

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 6

Modelo 4: eficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores.

Modelo 5: modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala;

Inputs: gasto com saúde *per capita* (US\$PPC);

Outputs: esperança de vida ao nascer para homens, esperança de vida ao nascer para mulheres, índice de sobrevivência infantil e área geográfica (variável não discricionária).

TABELA 6
Modelo 5: eficiência dos países

(Em %)

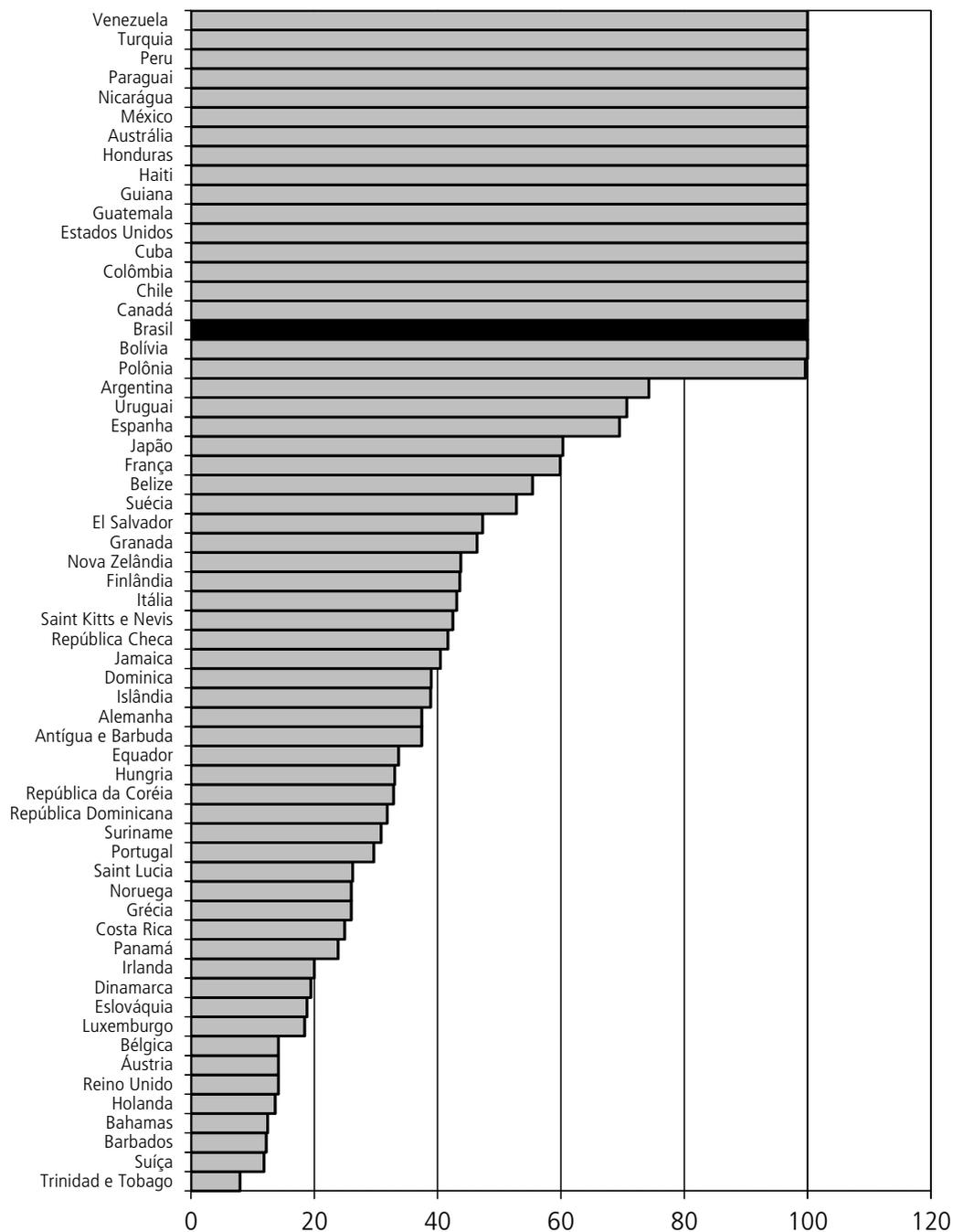
Países	Eficiência	Países	Eficiência
Trinidad e Tobago	7,950	Finlândia	43,610
Suíça	11,840	Nova Zelândia	43,760
Barbados	12,200	Granada	46,400
Bahamas	12,460	El Salvador	47,330
Holanda	13,680	Suécia	52,800
Reino Unido	14,160	Belize	55,370
Áustria	14,160	França	59,870
Bélgica	14,180	Japão	60,310
Luxemburgo	18,440	Espanha	69,510
Eslováquia	18,810	Uruguai	70,690
Dinamarca	19,470	Argentina	74,250
Irlanda	20,020	Polônia	99,620
Panamá	23,850	Bolívia	100,000
Costa Rica	24,930	Brasil	100,000
Grécia	25,980	Canadá	100,000
Noruega	25,980	Chile	100,000
Saint Lucia	26,250	Colômbia	100,000
Portugal	29,660	Cuba	100,000
Suriname	30,840	Estados Unidos	100,000
República Dominicana	31,810	Guatemala	100,000
República da Coreia	32,840	Guiana	100,000
Hungria	33,040	Haiti	100,000
Equador	33,690	Honduras	100,000
Antígua e Barbuda	37,420	Austrália	100,000
Alemanha	37,440	México	100,000
Islândia	38,890	Nicarágua	100,000
Dominica	38,940	Paraguai	100,000
Jamaica	40,440	Peru	100,000
República Tcheca	41,660	Turquia	100,000
Saint Kitts e Nevis	42,470	Venezuela	100,000
Itália	43,100		

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 7

Modelo 5: eficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores.

Na análise onde a variável não discricionária é a área geográfica, além de países que mantêm o desempenho máximo de maneira sistemática – Cuba e Haiti – observa-se a presença de países com vasta extensão territorial com escores de eficiência máximos, como é o caso de Austrália, Brasil, Canadá, Estados Unidos e México, e de países relativamente grandes, como Bolívia, Chile, Colômbia, Peru, Turquia e Venezuela.

Uma maneira alternativa de analisar os países com relação ao sistema de saúde incluindo variáveis que transcendem autoridades de gestão é analisar a dinâmica de distribuição dos habitantes pela área territorial, ou seja, incluir a variável densidade demográfica. Assim, poder-se-á inferir em que medida grandes populações e/ou grandes territórios são limitantes da eficiência do sistema de saúde. Esses resultados estão resumidos no modelo 6 e mostrados na tabela 7 e no gráfico 8.

Modelo 6: modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala;

Inputs: gasto com saúde *per capita* (US\$PPP);

Outputs: esperança de vida ao nascer para homens, esperança de vida ao nascer para mulheres, índice de sobrevivência infantil e densidade demográfica (variável não discricionária).

É observada no modelo 6 uma espécie de reversão nos resultados. Como é possível perceber, países populosos e/ou territorialmente extensos, que apresentavam eficiências elevadas com a inclusão das referidas variáveis, isoladamente (modelos 4 e 5), tiveram as suas classificações pioradas. Esse novo resultado pode estar atrelado a uma ineficiência na distribuição dos serviços de saúde em grandes populações e/ou em grandes territórios, consideradas as diversas disparidades já mencionadas. Outra explicação reside na conjectura, também já comentada, de que a normalização da área geográfica pelo tamanho da população reduz os efeitos isolados dessas duas variáveis para os países grandes em ambas as dimensões (como Brasil, México e Estados Unidos). Isso origina resultados mais próximos aos modelos onde essas variáveis não foram consideradas (como nos modelos 1 e 2) e do que o modelo onde a amostra foi segmentada e ajustada, ou seja, o modelo 3. Corroborando os modelos análogos e as análises correspondentes nos textos dedicados a OCDE, América Latina e Caribe, em linhas gerais, os resultados obtidos são compatíveis com as nossas expectativas explicitadas *a priori*. Não incluímos simultaneamente a área geográfica e a população, pois, obviamente, os resultados seriam qualitativamente os mesmos.

TABELA 7
Modelo 6: eficiência dos países
 (Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Estados Unidos	4,840	Itália	31,170
Suriname	7,830	Colômbia	31,250
Trinidad e Tobago	7,950	Suécia	32,620
Canadá	11,490	Finlândia	35,850
Bahamas	12,460	Antígua e Barbuda	38,480
Áustria	14,160	Dominica	38,940
Noruega	14,860	Bélgica	39,090
Panamá	16,390	Guatemala	39,410
Argentina	16,550	Jamaica	40,440
Suíça	17,170	República Tcheca	41,660
Austrália	17,760	Saint Kitts e Nevis	42,470
Nova Zelândia	18,110	Polônia	42,550
Luxemburgo	18,440	Bolívia	42,720
Brasil	18,640	Holanda	43,230
Eslováquia	18,810	Equador	43,430
Espanha	19,050	El Salvador	47,330
Barbados	19,190	Peru	48,270
Dinamarca	19,470	Paraguai	49,770
Irlanda	20,020	Guiana	50,690
França	20,380	Granada	54,510
Turquia	21,010	Belize	55,370
México	23,600	Nicarágua	56,280
Costa Rica	24,930	Japão	58,910
Venezuela	25,010	Honduras	67,040
Grécia	25,980	Cuba	100,000
Saint Lucia	26,250	Haiti	100,000
Alemanha	26,470	Hungria	100,000
Chile	27,070	Islândia	100,000
República Dominicana	29,400	Reino Unido	100,000
Uruguai	29,530	República da Coreia	100,000
Portugal	29,660		

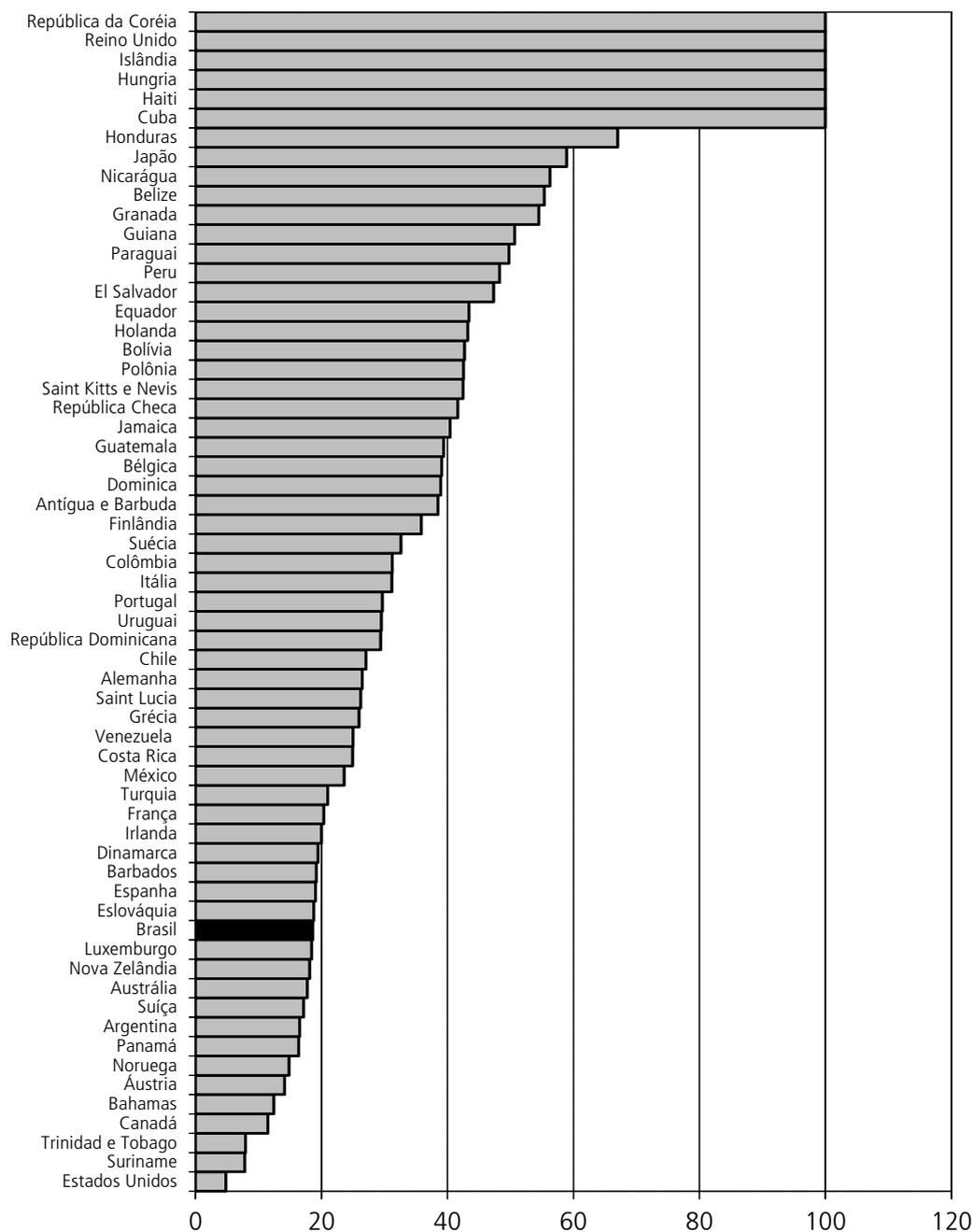
Elaboração dos autores.

As tabelas 8, 9 e 10 e os gráficos 9, 10 e 11 são, na verdade, variações dos três últimos resultados apresentados – incluindo variáveis não discricionárias – com a inclusão adicional, apenas, das variáveis anos de vida recuperados para doenças transmissíveis, doenças não transmissíveis e causas externas. Em resumo, pode-se adiantar que as conclusões explicitadas anteriormente para os modelos 4 a 6 podem ser estendidas para os resultados dos modelos 7 a 9, dado que as posições relativas dos países não foram significativamente alteradas.

GRÁFICO 8

Modelo 6: eficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores.

Modelo 7: modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala;
Inputs: gasto com saúde *per capita* (US\$PPC);

Outputs: esperança de vida ao nascer para homens, esperança de vida ao nascer para mulheres, índice de sobrevivência infantil, anos de vida recuperados por doenças transmissíveis; anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis, anos de vida recuperados por causas externas e população (variável não discricionária).

TABELA 8
Modelo 7: eficiência dos países
 (Em %)

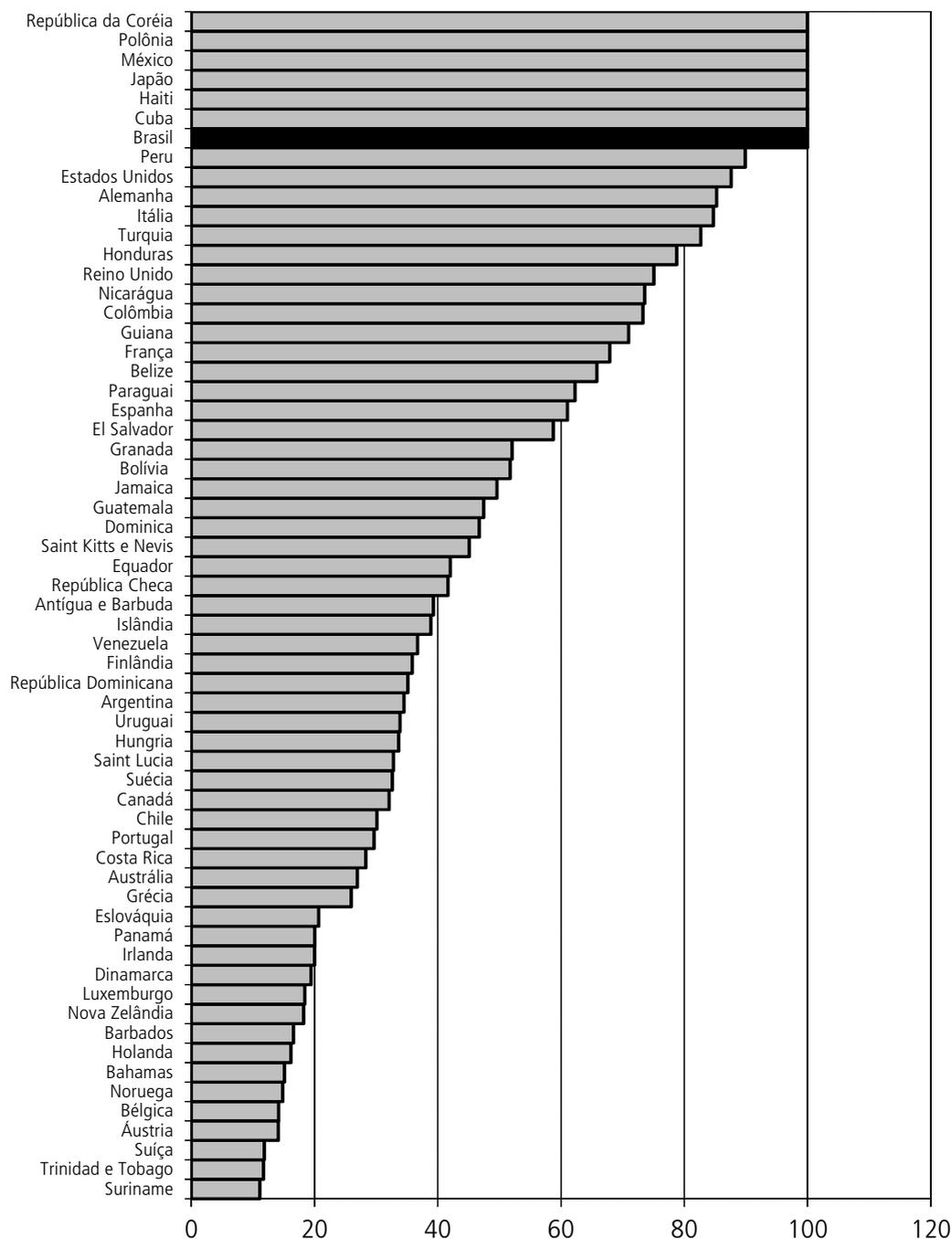
Países	Eficiência	Países	Eficiência
Suriname	11,140	República Tcheca	41,660
Trinidad e Tobago	11,750	Equador	42,030
Suíça	11,840	Saint Kitts e Nevis	45,120
Áustria	14,160	Dominica	46,720
Bélgica	14,180	Guatemala	47,460
Noruega	14,860	Jamaica	49,630
Bahamas	15,140	Bolívia	51,740
Holanda	16,200	Granada	52,060
Barbados	16,580	El Salvador	58,750
Nova Zelândia	18,230	Espanha	61,030
Luxemburgo	18,440	Paraguai	62,250
Dinamarca	19,470	Belize	65,800
Irlanda	20,020	França	67,890
Panamá	20,040	Guiana	70,980
Eslováquia	20,700	Colômbia	73,320
Grécia	25,980	Nicarágua	73,570
Austrália	26,970	Reino Unido	75,060
Costa Rica	28,320	Honduras	78,780
Portugal	29,660	Turquia	82,670
Chile	30,150	Itália	84,740
Canadá	32,100	Alemanha	85,260
Suécia	32,620	Estados Unidos	87,590
Saint Lucia	32,830	Peru	89,910
Hungria	33,650	Brasil	100,000
Uruguai	33,880	Cuba	100,000
Argentina	34,510	Haiti	100,000
República Dominicana	35,140	Japão	100,000
Finlândia	35,850	México	100,000
Venezuela	36,730	Polônia	100,000
Islândia	38,890	República da Coreia	100,000
Antígua e Barbuda	39,290		

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 9

Modelo 7: eficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores.

Modelo 8: modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala;
Inputs: gasto com saúde *per capita* (US\$PPC);

Outputs: esperança de vida ao nascer para homens, esperança de vida ao nascer para mulheres, índice de sobrevivência infantil, anos de vida recuperados por doenças transmissíveis; anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis; anos de vida recuperados por causas externas; e área geográfica (variável não discricionária).

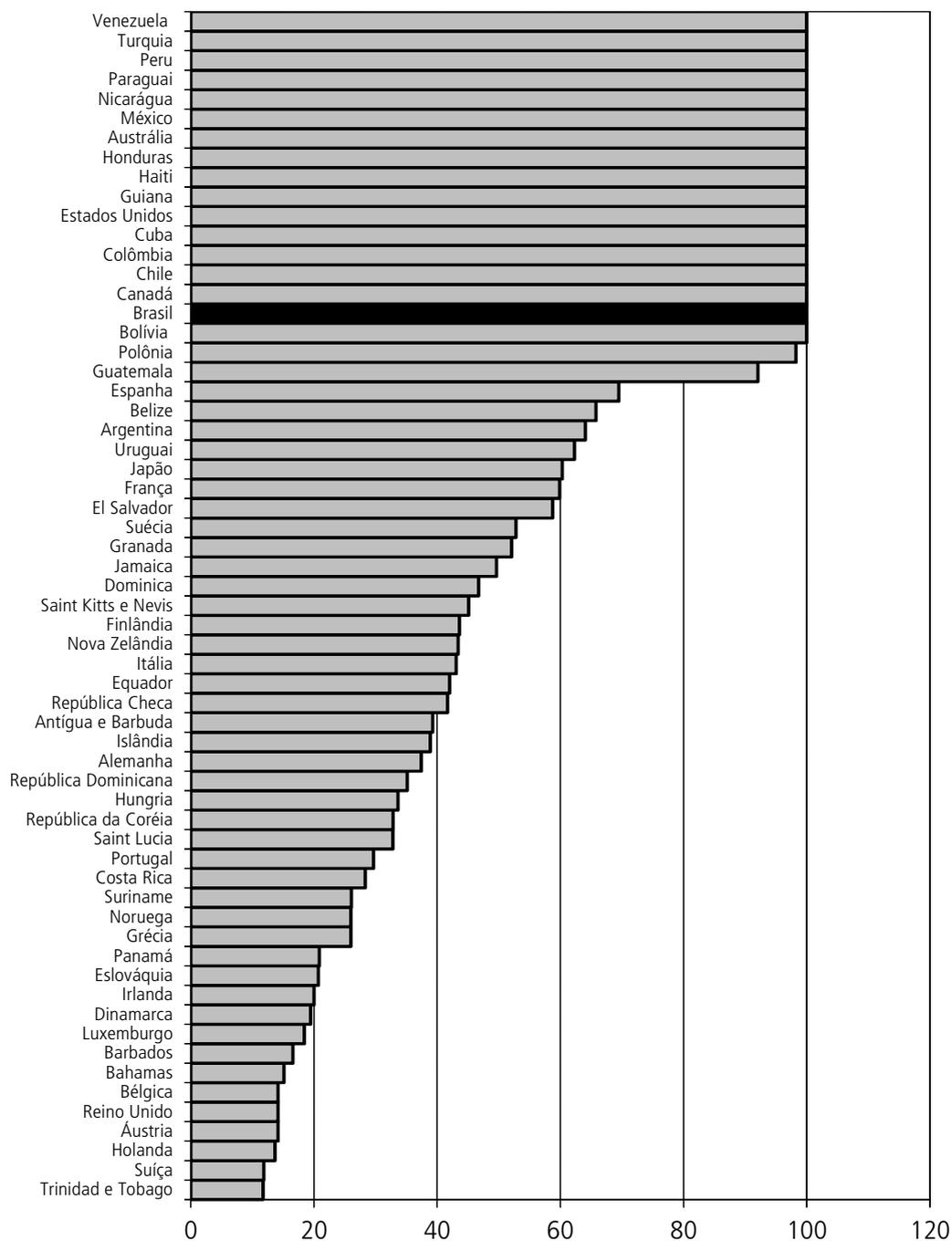
TABELA 9
Modelo 8: eficiência dos países
 (Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Trinidad e Tobago	11,750	Dominica	46,720
Suíça	11,840	Jamaica	49,630
Holanda	13,680	Granada	52,060
Áustria	14,160	Suécia	52,800
Reino Unido	14,170	El Salvador	58,750
Bélgica	14,180	França	59,870
Bahamas	15,140	Japão	60,310
Barbados	16,580	Uruguai	62,270
Luxemburgo	18,440	Argentina	64,050
Dinamarca	19,470	Belize	65,800
Irlanda	20,020	Espanha	69,510
Eslováquia	20,700	Guatemala	92,060
Panamá	20,870	Polônia	98,260
Grécia	25,980	Bolívia	100,000
Noruega	25,980	Brasil	100,000
Suriname	26,090	Canadá	100,000
Costa Rica	28,320	Chile	100,000
Portugal	29,660	Colômbia	100,000
Saint Lucia	32,830	Cuba	100,000
República da Coreia	32,850	Estados Unidos	100,000
Hungria	33,650	Guiana	100,000
República Dominicana	35,140	Haiti	100,000
Alemanha	37,440	Honduras	100,000
Islândia	38,890	Austrália	100,000
Antígua e Barbuda	39,290	México	100,000
República Tcheca	41,660	Nicarágua	100,000
Equador	42,030	Paraguai	100,000
Itália	43,100	Peru	100,000
Nova Zelândia	43,400	Turquia	100,000
Finlândia	43,610	Venezuela	100,000
Saint Kitts e Nevis	45,120		

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 10
Modelo 8: eficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores.

Modelo 9: modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala;
Inputs: gasto com saúde *per capita* (US\$PPC);

Outputs: esperança de vida ao nascer para homens; esperança de vida ao nascer para mulheres; índice de sobrevivência infantil; anos de vida recuperados por doenças transmissíveis; anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis; anos de vida recuperados por causas externas; e densidade demográfica (variável não discricionária).

TABELA 10
Modelo 9: eficiência dos países
 (Em %)

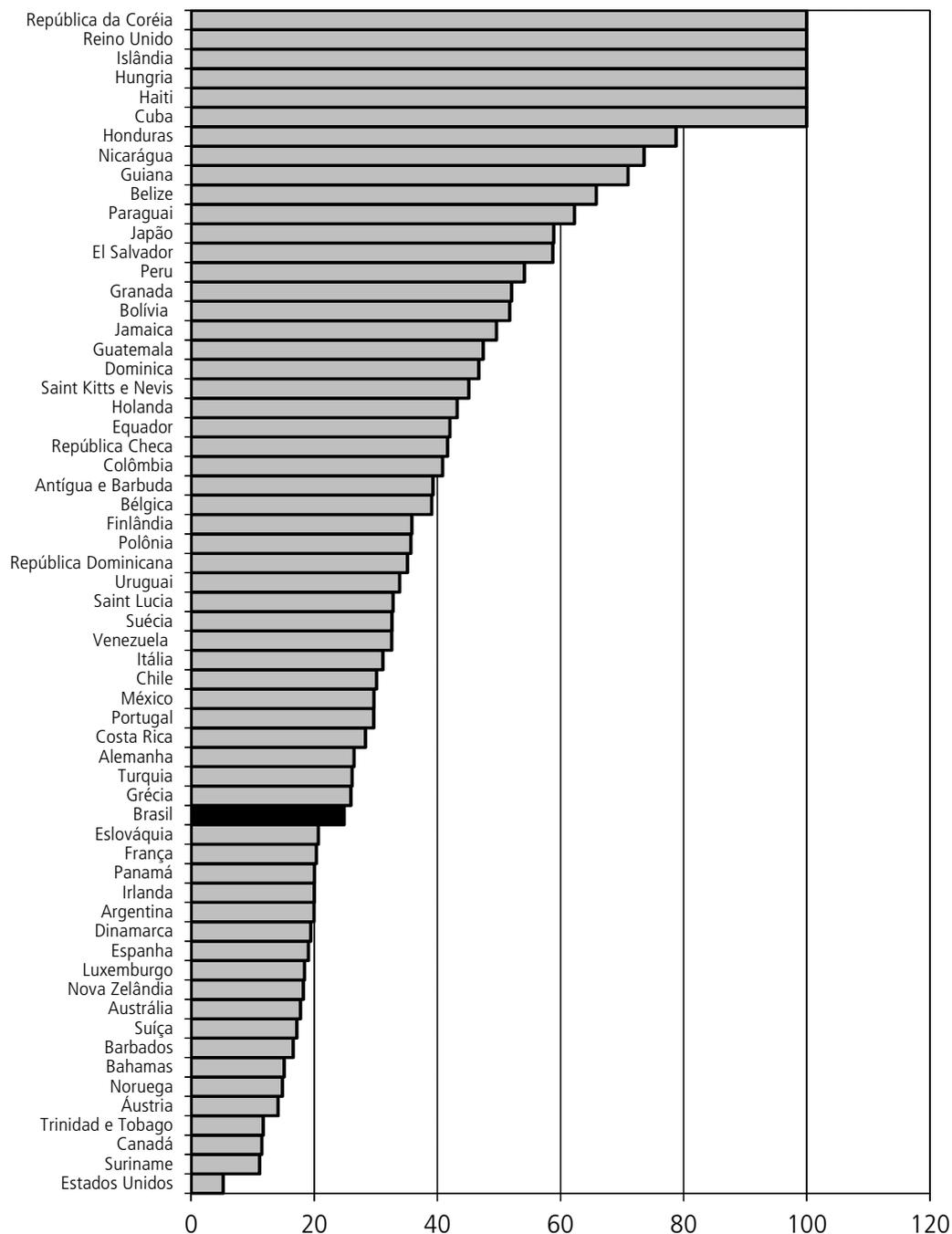
Países	Eficiência	Países	Eficiência
Estados Unidos	5,230	Uruguai	33,880
Suriname	11,140	República Dominicana	35,140
Canadá	11,520	Polônia	35,710
Trinidad e Tobago	11,750	Finlândia	35,850
Áustria	14,160	Bélgica	39,090
Noruega	14,860	Antígua e Barbuda	39,290
Bahamas	15,140	Colômbia	40,880
Barbados	16,580	República Tcheca	41,660
Suíça	17,170	Equador	42,030
Austrália	17,760	Holanda	43,230
Nova Zelândia	18,230	Saint Kitts e Nevis	45,120
Luxemburgo	18,440	Dominica	46,720
Espanha	19,050	Guatemala	47,460
Dinamarca	19,470	Jamaica	49,630
Argentina	19,960	Bolívia	51,740
Irlanda	20,020	Granada	52,060
Panamá	20,040	Peru	54,140
França	20,380	El Salvador	58,750
Eslováquia	20,700	Japão	58,910
Brasil	24,860	Paraguai	62,250
Grécia	25,980	Belize	65,800
Turquia	26,180	Guiana	70,980
Alemanha	26,470	Nicarágua	73,570
Costa Rica	28,320	Honduras	78,780
Portugal	29,660	Cuba	100,000
México	29,720	Haiti	100,000
Chile	30,150	Hungria	100,000
Itália	31,170	Islândia	100,000
Venezuela	32,600	Reino Unido	100,000
Suécia	32,620	República da Coreia	100,000
Saint Lucia	32,830		

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 11

Modelo 9: eficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores.

4.3 APLICAÇÃO DA DEA COM RETORNOS VARIÁVEIS DE ESCALA

Conforme veremos, os modelos de SF não deram bons resultados quando a esperança de vida ao nascer para homens foi utilizada em conjunto com a esperança de vida ao nascer para mulheres, devido à elevada correlação entre tais variáveis, fato este que também ocorreu com o uso simultâneo das variáveis relacionadas aos anos de vida perdidos. A tentativa de comparar os resultados gerados pela SF (cujos resultados ainda serão apresentados, mas que não permitiram comparações entre todos os modelos) com a DEA tornou necessária a realização de novos procedimentos envolvendo esta última metodologia. Além de alterar a especificação do modelo, foi incluída a opção de retornos variáveis de escala. Conforme Jacobs, Smith e Street (2006, especialmente no cap. 7) as SFs, *ceteris paribus*, tendem a discriminar menos as DMUs do que a DEA. Assim, naturalmente, os modelos com retornos variáveis de escala surgem como referência para comparação, por seu menor poder de discriminação (notadamente o modelo BCC) quando comparados aos modelos com retornos constantes de escala (como o modelo CCR, utilizado até então). Tal característica foi apresentada na seção precedente. O objetivo desta breve seção, portanto, é mostrar os resultados das fronteiras geradas pela DEA com os modelos mais compatíveis com os utilizados no caso da SF.¹⁶ Os resultados são mostrados nas tabelas 11 e 12 e nos gráficos 12 e 13, nos modelos 10 e 11.

Modelo 10: modelo de maximização de *outputs* com retornos variáveis de escala;

Inputs: gasto com saúde *per capita* (US\$PPC);

Outputs: índice de sobrevivência infantil, população (variável não discricionária).

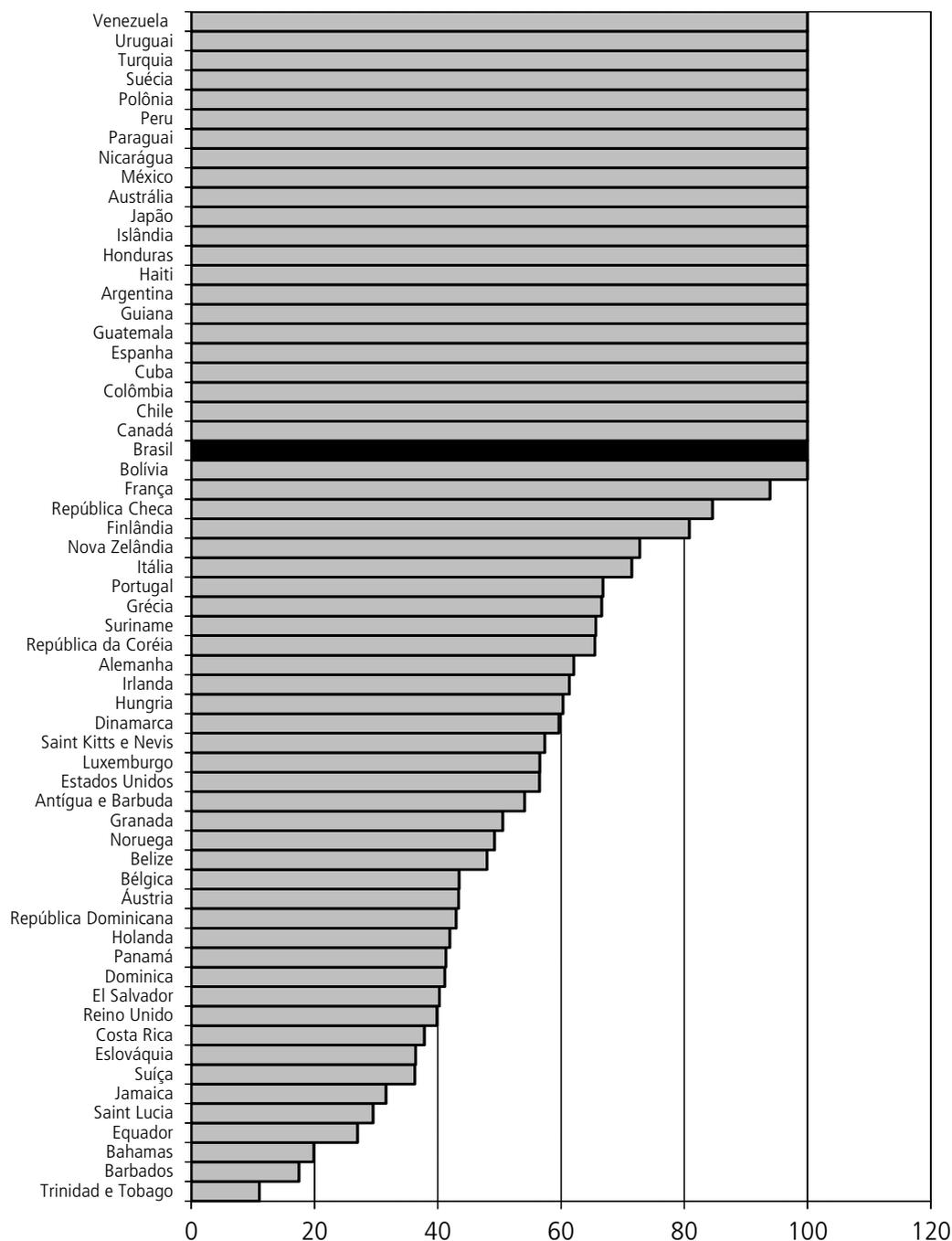
Nesse modelo, novamente Trinidad e Tobago aparecem com o pior desempenho da amostra, seguido de Barbados e Bahamas, que também não vinham apresentando bom desempenho. Os países populosos, com exceção dos Estados Unidos, estão posicionados na fronteira de eficiência. Como era esperado, a quantidade de países na fronteira de eficiência é bem maior do que nos modelos com retornos constantes de escala (modelo CCR).

16. Na próxima seção será explicado, em detalhes, o porquê das variáveis escolhidas.

GRÁFICO 12

Modelo 10: eficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores.

TABELA 11
Modelo 10: eficiência dos países
 (Em %)

Países	Eficiência	Países	Eficiência
Trinidad e Tobago	11,070	Portugal	66,780
Barbados	17,510	Itália	71,470
Bahamas	19,900	Nova Zelândia	72,770
Equador	27,000	Finlândia	80,820
Saint Lucia	29,510	República Tcheca	84,560
Jamaica	31,620	França	93,920
Suíça	36,300	Bolívia	100,000
Eslováquia	36,420	Brasil	100,000
Costa Rica	37,840	Canadá	100,000
Reino Unido	39,880	Chile	100,000
El Salvador	40,260	Colômbia	100,000
Dominica	41,130	Cuba	100,000
Panamá	41,330	Espanha	100,000
Holanda	41,950	Guatemala	100,000
República Dominicana	43,000	Guiana	100,000
Áustria	43,400	Argentina	100,000
Bélgica	43,460	Haiti	100,000
Belize	47,980	Honduras	100,000
Noruega	49,210	Islândia	100,000
Granada	50,550	Japão	100,000
Antígua e Barbuda	54,110	Austrália	100,000
Estados Unidos	56,510	México	100,000
Luxemburgo	56,540	Nicarágua	100,000
Saint Kitts e Nevis	57,380	Paraguai	100,000
Dinamarca	59,680	Peru	100,000
Hungria	60,350	Polônia	100,000
Irlanda	61,360	Suécia	100,000
Alemanha	62,080	Turquia	100,000
República da Coreia	65,490	Uruguai	100,000
Suriname	65,640	Venezuela	100,000
Grécia	66,600		

Elaboração dos autores.

Modelo 11: modelo de maximização de *outputs* com retornos constantes de escala;

Inputs: gasto com saúde *per capita* (US\$PPP);

Outputs: índice de sobrevivência infantil; área territorial (variável não discricionária).

Nesse modelo, a inclusão da variável área territorial leva praticamente, de novo, todos os países grandes para a fronteira. Novamente, o número de países com escore máximo de eficiência foi aumentado em relação aos modelos CCR.

TABELA 12

Modelo 11: eficiência dos países

(Em %)

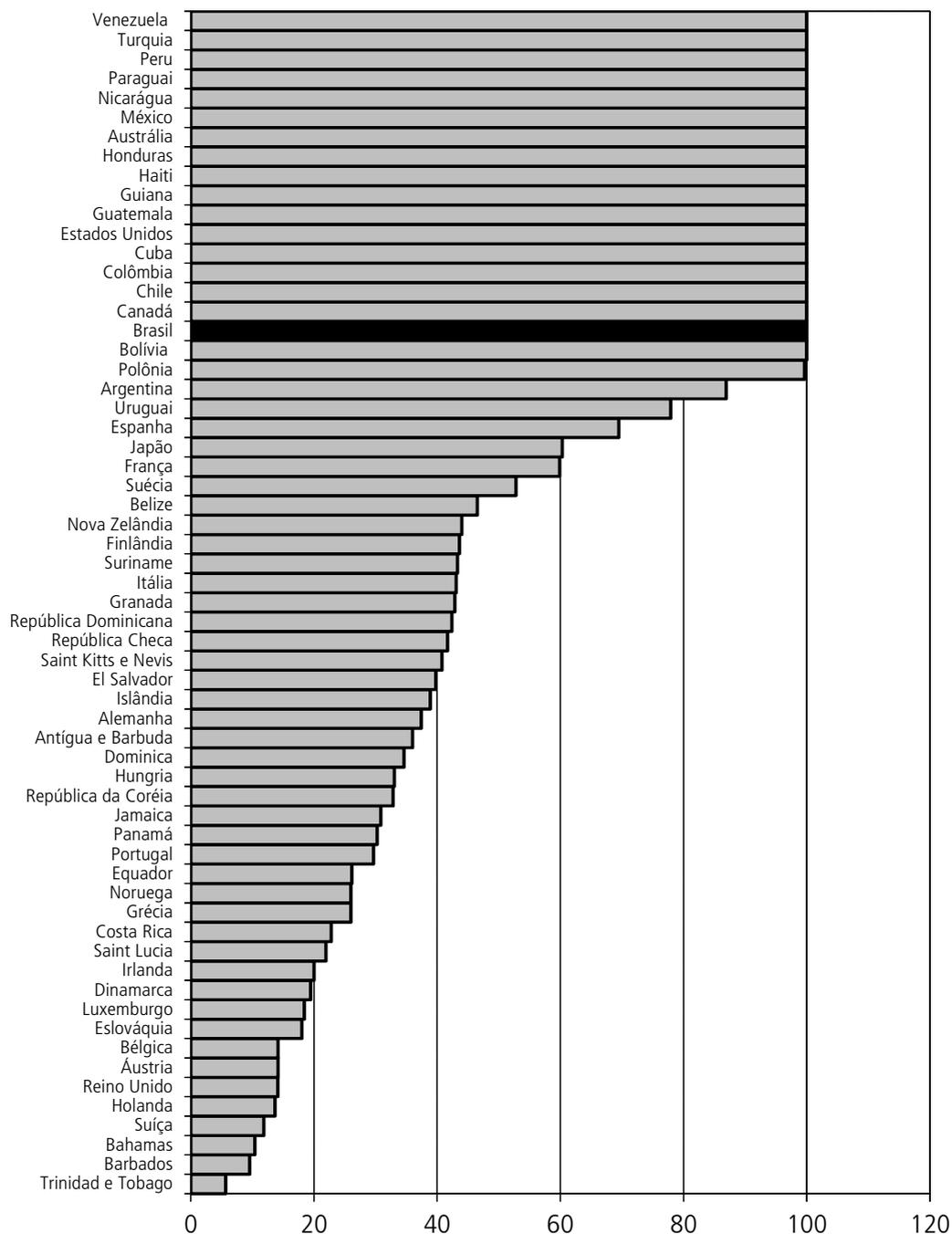
Países	Eficiência	Países	Eficiência
Trinidad e Tobago	5,660	Itália	43,100
Barbados	9,570	Suriname	43,290
Bahamas	10,400	Finlândia	43,610
Suíça	11,840	Nova Zelândia	44,000
Holanda	13,680	Belize	46,540
Reino Unido	14,120	Suécia	52,800
Áustria	14,160	França	59,870
Bélgica	14,180	Japão	60,310
Eslováquia	18,030	Espanha	69,510
Luxemburgo	18,440	Uruguai	77,930
Dinamarca	19,470	Argentina	86,910
Irlanda	20,020	Polônia	99,620
Saint Lucia	21,920	Bolívia	100,000
Costa Rica	22,800	Brasil	100,000
Grécia	25,980	Canadá	100,000
Noruega	25,980	Chile	100,000
Equador	26,160	Colômbia	100,000
Portugal	29,660	Cuba	100,000
Panamá	30,250	Estados Unidos	100,000
Jamaica	30,860	Guatemala	100,000
República da Coreia	32,840	Guiana	100,000
Hungria	33,040	Haiti	100,000
Dominica	34,640	Honduras	100,000
Antígua e Barbuda	36,020	Austrália	100,000
Alemanha	37,440	México	100,000
Islândia	38,890	Nicarágua	100,000
El Salvador	39,780	Paraguai	100,000
Saint Kitts e Nevis	40,780	Peru	100,000
República Tcheca	41,660	Turquia	100,000
República Dominicana	42,370	Venezuela	100,000
Granada	42,840		

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 13

Modelo 11: eficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores

5 AS SFs

A segunda parte do estudo destina-se à análise dos resultados obtidos, a partir das mesmas variáveis apresentadas anteriormente, utilizando a metodologia das SFs. Além dos métodos de cálculo, uma diferença fundamental entre a DEA e a SF consiste na inclusão do termo aleatório que o segundo método contempla. Adicionalmente, nesse caso, os resultados apresentados estarão mostrando as ineficiências estimadas de cada país, e não mais a eficiência como nos modelos de DEA.

As SFs devidas a Aigner, Lovell e Schmidt (1977), Battese e Corra (1977) e Meeusen e van den Broeck (1977) são modelos de regressão com uma perturbação assimétrica não normal, motivados pela ideia de que desvios da fronteira de produção podem não estar inteiramente sob o controle das DMUs. No caso da DEA, todos os desvios da produção (causados, por exemplo, por falhas de equipamentos, ou erros de medida, ou má especificação do modelo) seriam avaliados como ineficiência. A interpretação, nos modelos de SF, é que cada DMU se defronta com a sua própria fronteira de produção, e que essa fronteira é aleatoriamente determinada pelo conjunto de todos os elementos estocásticos que entrariam no modelo, fora do controle da DMU. Assim, a fronteira não passa, necessariamente, por todos os pontos de produção mais elevada, ou de mais baixo custo.

As SFs também têm ampla utilização em saúde.¹⁷

A formulação geral para uma fronteira de produção, como nos modelos de regressão, será:

$$y = bx^{\lambda} + \varepsilon \text{ com } \varepsilon = v - u$$

onde:

y é o produto;

x os insumos;

ε é o componente estocástico;

17. Para exemplos, consultar Vitaliano e Toren (1994) e Jacobs, Smith e Street (2006).

u é não negativo; e

v tem distribuição de probabilidades livre.

Assume-se que v e u são independentes.

O componente v não está sob o controle das DMUs e u é um termo não negativo, que captura a ineficiência e define a que distância a DMU está da fronteira produtiva. É usual supor que v é normalmente distribuída, ou seja, $v \sim N[0, \sigma_v^2]$. Não existe critério econômico para definir a escolha da distribuição de probabilidades de u . Em geral, assume-se que u tenha distribuição *half-normal*, normal-truncada, exponencial ou gama.

Em uma fronteira para custos, teremos $c = c(y, w) + \varepsilon$, com $\varepsilon = v + u$.

Nesse caso, c são os custos e w é o custo unitário (preços) de cada um dos fatores de produção.¹⁸

6 APLICAÇÃO DAS SFs NOS SISTEMAS DE SAÚDE, COM MODELOS ALTERNATIVOS

Inicialmente, tentou-se utilizar um modelo de SF compatibilizando as variáveis explicativas com aquelas utilizadas nos modelos de DEA, mas houve problemas com a não significância estatística dos regressores, e/ou com a não convergência (número excessivo de iterações) dos modelos. Tais problemas, de acordo com Fried, Lovell e Schmidt (1993) e Jacobs, Smith e Street (2006) podem advir da existência de multicolinearidades entre as variáveis explicativas. Para melhorar os modelos, e com o intuito de evitar correlações muito fortes entre as variáveis explicativas, foi elaborada uma tabela com a correlação entre as variáveis do estudo.

A tabela 13 revela um alto grau de correlação, salvo algumas exceções, entre as variáveis em estudo. Desse modo, para evitar problemas de convergência nos modelos, optou-se por adotar um método de seleção para a construção do modelo de SF. O procedimento utilizado foi o método de seleção Backward Akaike Information Criterion (AIC).

18. Para mais detalhes técnicos sobre as SFs, ver Fried, Lovell e Schmidt (1993) e Jacobs, Smith e Street (2006).

TABELA 13
Matriz de correlação

	Gasto com saúde <i>per capita</i> (US\$PPP)	Esperança de vida ao nascer homens	Esperança de vida ao nascer mulheres	Índice de sobrevivência infantil	Anos de vida recuperados por doenças transmissíveis	Anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis	Anos de vida recuperados por causas externas	População (milhares)	Área territorial (km ²)	Densidade demográfica (mil hab./km ²)
Gasto com saúde <i>per capita</i> (US\$PPP)	1,000									
Esperança de vida ao nascer homens	0,721	1,000								
Esperança de vida ao nascer mulheres	0,698	0,936	1,000							
Índice de sobrevivência infantil	0,711	0,751	0,734	1,000						
Anos de vida recuperados por doenças transmissíveis	0,655	0,789	0,891	0,703	1,000					
Anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis	-0,693	-0,761	-0,816	-0,737	-0,927	1,000				
Anos de vida recuperados por causas externas	0,367	0,235	0,156	0,366	0,203	-0,555	1,000			
População (milhares)	0,315	0,153	0,177	0,032	0,135	-0,099	-0,044	1,000		
Área territorial (km ²)	0,288	0,150	0,124	-0,054	0,104	-0,052	-0,082	0,652	1,000	
Densidade demográfica (mil hab./km ²)	0,054	0,178	0,164	0,205	0,165	-0,152	0,032	0,018	-0,135	1,000

Elaboração dos autores.

Feita a seleção, o modelo mais adequado para esta amostra utiliza a esperança de vida ao nascer e anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis explicando o gasto com saúde *per capita*, com distribuição dos erros aproximadamente exponencial. Tal opção justifica-se pelo melhor ajuste baseado no critério AIC quando comparado à distribuição *half-normal* (que é *default* na maioria dos estudos).

Como é usual em modelos econométricos, para reduzir problemas de heteroscedasticidade, para permitir a leitura direta das elasticidades,¹⁹ e para facilitar a convergência dos modelos, foram utilizados os logaritmos naturais em todas as variáveis. Ressalta-se, novamente, que os modelos de SF evidenciam ineficiências. Essas são medidas em valores absolutos, e não mais percentuais, como ocorria na DEA. Os resultados das regressões são discutidos a seguir.

6.1 APLICAÇÃO DAS SFs: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos resultados obtidos com as SFs é apresentada no gráfico 14 e na tabela 14, que representam o modelo 12 utilizado aqui.²⁰

Modelo 12: modelo estocástico, função custo, com distribuição exponencial;

Variável dependente: gasto com saúde *per capita* (US\$PPP);

Variáveis independentes: esperança de vida ao nascer mulher e anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis.

Número de observações = 61

Gasto com saúde <i>per capita</i> (US\$PPP)	Coefficiente	Erro-padrão	Z	P > z	Intervalo de confiança: 95%	
Esperança de vida ao nascer feminino	9,673	1,522	6,350	0,000	6,690	12,657
Anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis	-0,892	0,165	-5,400	0,000	-1,216	-0,568
Constante	-32,350	7,077	-4,570	0,000	-46,221	-18,480
$ lnsig2v $	-2,048	0,316	-6,480	0,000	-2,667	-1,429
$ lnsig2u $	-2,463	0,619	-3,980	0,000	-3,676	-1,249
$Sigma_v $	0,359	0,057			0,264	0,489
$Sigma_u $	0,292	0,090			0,159	0,535
$Sigma2 $	0,214	0,046			0,124	0,304
$Lambda $	0,813	0,130			0,557	1,068

Likelihood-ratio test of sigma_u = 0: chibar2(01) = 2,45 Prob. > = chibar2 = 0,059 AIC=87,357

19. A elasticidade mede a relação entre a variação percentual dos regressores e a variação percentual da variável dependente.

20. O *software* utilizado foi o STATAtm 9.0, Statistics/Data Analysis da Stata Corp.

Como é possível observar pelos resultados reportados, Haiti, Bolívia e Guiana apresentaram os menores escores de ineficiência, seguidos por Guatemala, República Dominicana e Honduras. Países desenvolvidos, como Itália, Alemanha, Espanha, Holanda, França e Japão, em ordem crescente de ineficiência, não são bem avaliados. O Brasil ocupa a 17ª posição entre as menores ineficiências da amostra. Observa-se, nesse modelo, uma mudança nos resultados. O Haiti ainda é o país com a maior eficiência relativa. Cuba, que sistematicamente apresentou muito bons resultados na metodologia de DEA, revelou uma piora no desempenho, e agora ocupa a 28ª posição entre os 61 países analisados. Belize, que mostrava desempenhos não muito satisfatórios na metodologia precedente, passou a figurar entre os países com maior eficiência relativa. Os Estados Unidos, novamente, não obtêm bom desempenho, figurando na 26ª posição do *ranking*.

TABELA 14

Modelo 12: ineficiência dos países

(Em %)

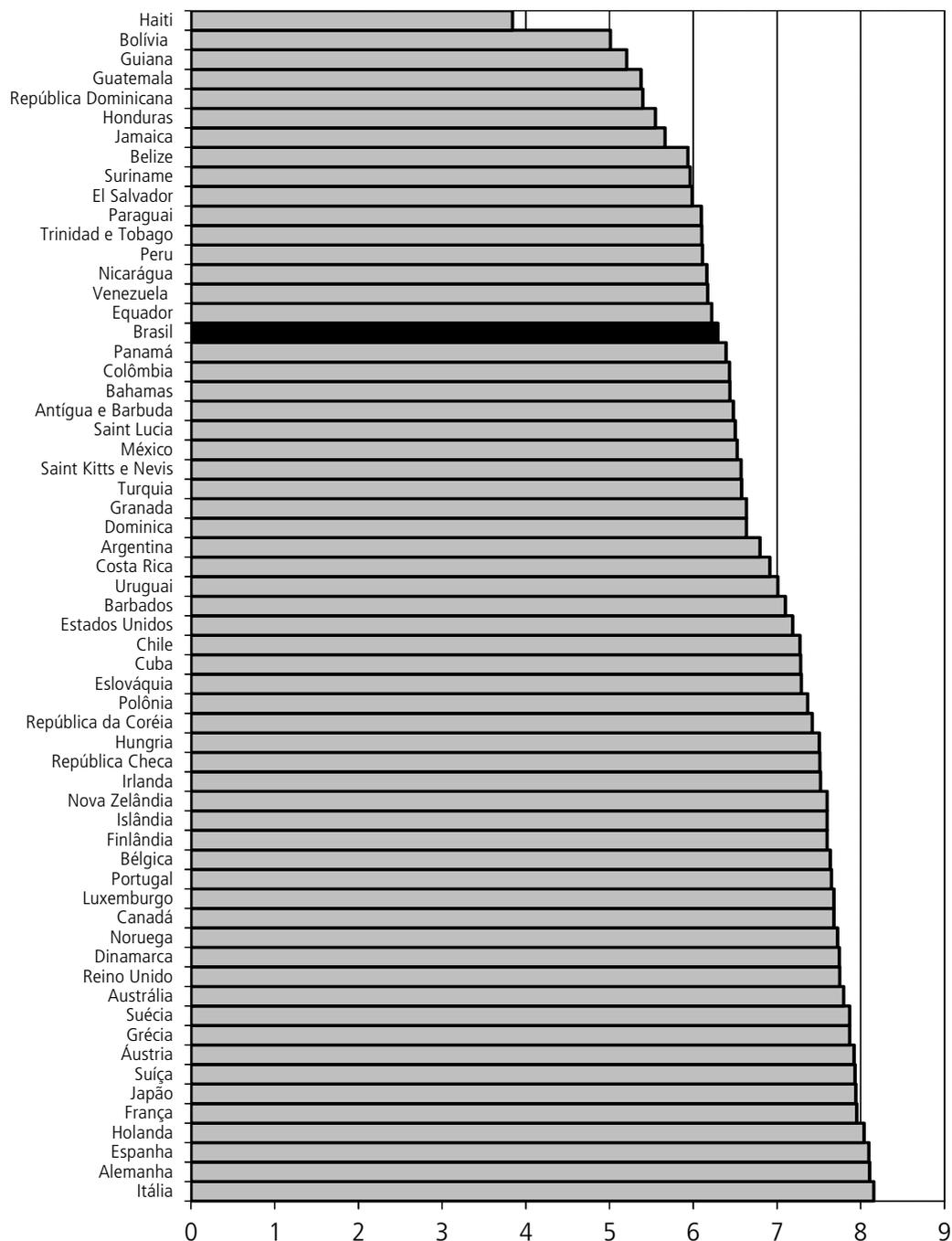
Países	Ineficiência	Países	Ineficiência
Itália	8,157	Uruguai	7,011
Alemanha	8,107	Costa Rica	6,914
Espanha	8,098	Argentina	6,798
Holanda	8,041	Dominica	6,636
França	7,953	Granada	6,635
Japão	7,941	Turquia	6,577
Suíça	7,932	Saint Kitts e Nevis	6,573
Áustria	7,922	México	6,526
Grécia	7,867	Saint Lucia	6,503
Suécia	7,867	Antigua e Barbuda	6,479
Austrália	7,795	Bahamas	6,439
Reino Unido	7,750	Colômbia	6,432
Dinamarca	7,743	Panamá	6,392
Noruega	7,722	Brasil	6,293
Canadá	7,679	Equador	6,219
Luxemburgo	7,679	Venezuela	6,172
Portugal	7,651	Nicarágua	6,162
Bélgica	7,637	Peru	6,111
Finlândia	7,598	Trinidad e Tobago	6,102
Islândia	7,598	Paraguai	6,094
Nova Zelândia	7,598	El Salvador	5,984
Irlanda	7,520	Suriname	5,961
República Tcheca	7,511	Belize	5,936
Hungria	7,506	Jamaica	5,662
República da Coreia	7,422	Honduras	5,546
Polônia	7,366	República Dominicana	5,397
Eslováquia	7,290	Guatemala	5,376
Cuba	7,281	Guiana	5,205
Chile	7,274	Bolívia	5,010
Estados Unidos	7,186	Haiti	3,841
Barbados	7,099		

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 14

Modelo 12: ineficiência dos países

(Em %)



Elaboração dos autores.

7 COMPARANDO OS RESULTADOS OBTIDOS COM AS FRONTEIRAS DE DEA E DE SF

Uma terceira alteração foi feita com o intuito de estabelecer algum critério de comparação entre os dois diferentes métodos básicos utilizados para compor o estudo, quais sejam, DEA e SF.

Para realizar a comparação, foram feitas regressões do tipo *Tobit* e Mínimos Quadrados Ordinários (MQOs) que pudessem informar o grau de comparabilidade possível entre os resultados gerados pelos diferentes métodos. A bateria de testes foi realizada em duas etapas. Na primeira foram comparadas as fronteiras de eficiência geradas pelos modelos de DEA com retornos variáveis de escala com a SF. Já comentou-se que as SFs atribuem às aleatoriedades, e não somente às ineficiências, parte dos desvios em relação aos valores ótimos, o que não ocorre nos modelos de DEA, onde todos os referidos desvios são atribuídos às ineficiências. Assim, *ceteris paribus*, os modelos estocásticos costumam penalizar mais fracamente as DMUs do que os modelos de DEA. Recomendar-se-ia, portanto (Jacobs, Smith e Street, 2006), a preferência, para comparação com as SFs, pelos modelos de DEA com retornos variáveis de escala (modelo BCC). O modelo BCC “penaliza” menos as DMUs do que os modelos com retornos constantes de escala (modelo CCR neste estudo), conforme discutido na seção 4. Porém, os resultados, obtidos em regressões que comparam os escores de DEA e SF, não corroboram tais premissas. Por outro lado, é importante assinalar que o modelo DEA com retornos constantes de escala (modelo CCR) orientados para a maximização de resultados (*outputs*) seria mais próximo de um modelo de minimização de custos.

A fronteira dos modelos CCR, por ser uma reta que passa pela origem do gráfico (ver gráfico 1), é invariante com a orientação (maximização de *outputs* ou minimização de *inputs*). Assim, em uma segunda etapa, os resultados da SF foram comparados com os resultados do modelo de DEA-CCR. Uma observação adicional importante é que não seria possível, sem grandes investimentos computacionais e de modelagem, tratar, nas SFs, com os *inputs* ou *outputs* não discricionários, o que deve causar algumas assimetrias nos resultados obtidos nesses dois tipos de modelos. Para comparar a SF

com os dois modelos de DEA foram calculados dois tipos de regressão: MQOs²¹ e *Tobit*.²² As regressões são mostradas a seguir.

7.1 REGRESSÃO DE MQOs

SF: função custo; distribuição exponencial.

Input: gasto com saúde *per capita*. *Outputs*: esperança de vida ao nascer mulheres e anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis.

DEA: orientação para *outputs*; retornos variáveis de escala.

Input: gasto com saúde *per capita*. *Outputs*: esperança de vida ao nascer mulheres e anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis.

DEA/BCC/OO e SF/custos/exponencial

DEA	Coefficiente	Erro-padrão	<i>t</i>	<i>P</i> > <i>t</i>	Intervalo de confiança: 95%	
SF	-0,117	0,287	-0,410	0,685	-0,691	0,457
Constante	97,615	1,996	48,900	0,000	93,621	101,609

$R^2 = 0,0028$

Número de observações: 61

Não existe correlação estatisticamente significativa entre os dois modelos.

SF: função custo; distribuição exponencial.

Input: gasto com saúde *per capita*. *Outputs*: esperança de vida ao nascer mulheres e anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis.

DEA: orientação para *outputs*; retornos constantes de escala.

Input: gasto com saúde *per capita*. *Outputs*: esperança de vida ao nascer mulheres e anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis.

21. Diferentemente da regressão do tipo *Tobit*, no caso dos MQOs utilizaram-se os escores da DEA em sua forma padrão (limite mínimo = 0 e limite máximo = 100%).

22. Destaque-se que, para realização das regressões do tipo *Tobit* entre DEA e SF, faz-se necessário inverter os escores da DEA. A especificação utilizada foi censurada à esquerda em 0,01.

DEA/CCR/OO e SF/custos/exponencial

DEA	Coefficiente	Erro-padrão	<i>t</i>	<i>P</i> > <i>t</i>	Intervalo de confiança: 95%	
SF	-12,611	1,245	-10,130	0,000	-15,102	-10,120
Constante	98,284	8,664	11,340	0,000	80,947	115,621

$R^2 = 0,6350$

Número de observações: 61

Note-se que, como a DEA gera escores de eficiência e a SF gera escores de ineficiência, a correlação entre os escores gerados no modelo CCR/OO e a SF é, além de estatisticamente significativa, negativa. Já o coeficiente entre o modelo BCC/OO e a SF não é estatisticamente significativo.

7.2 REGRESSÃO TOBIT

SF: função custo; distribuição exponencial.

Input: gasto com saúde *per capita*. *Outputs*: esperança de vida ao nascer mulheres e anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis.

DEA: orientação para *outputs*; retornos variáveis de escala; inverso do escore de eficiência.

Input: gasto com saúde *per capita*. *Outputs*: esperança de vida ao nascer mulheres e anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis.

DEA/BCC/OO e SF/custos/exponencial

DEA	Coefficiente	Erro-padrão	<i>t</i>	<i>P</i> > <i>t</i>	Intervalo de confiança: 95%	
SF	0,0000215	0,0000352	0,610	0,544	-0,0000489	0,0000918
Constante	0,0101704	0,0002454	41,440	0,000	0,0096795	0,0106613
/sigma	0,0002480	0,0000250			0,0001980	0,0002980

Pseudo $R^2 = -0,0005$

Número de observações: 61

Note-se que a DEA gera escores de eficiência, mas que foram invertidos na regressão *Tobit*, e a SF gera escores de ineficiência. A correlação entre os escores gerados nos dois modelos não é significativa.

SF: função custo; distribuição exponencial.

Input: gasto com saúde *per capita*. *Outputs*: esperança de vida ao nascer mulheres e anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis.

DEA: orientação para *outputs*; retornos constantes de escala; inverso do escore de eficiência.

Input: gasto com saúde *per capita*. *Outputs*: esperança de vida ao nascer mulheres e anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis.

DEA/CCR/OO e SF/custos/exponencial

DEA	Coefficiente	Erro-padrão	<i>t</i>	<i>P</i> > <i>t</i>	Intervalo de confiança: 95%	
SF	0,160	0,018	8,670	0,000	0,123	0,197
Constante	-0,888	0,129	-6,860	0,000	-1,146	-0,629
/sigma	0,122	0,011			0,100	0,145

Pseudo $R^2 = -1,7705$

Número de observações: 61.

Novamente, assinalou-se que a DEA gera escores de eficiência, mas que foram invertidos na regressão *Tobit*, e que a SF gera escores de ineficiência. A correlação entre os escores gerados nos dois modelos é significativa e positiva.

Contrariando as premissas de que a melhor comparação com as SFs ocorreria com os modelos de DEA com retornos variáveis de escala, somente obtiveram-se resultados estatisticamente significativos quando foram comparados as SFs com os modelos DEA com retornos constantes de escala (modelo CCR). Esse fenômeno foi observado tanto no caso da regressão com MQOs ($p = 0,000$) como no caso da regressão do tipo *Tobit* ($p = 0,000$). Note-se que, nos modelos *Tobit*, os escores de eficiência obtidos com a DEA foram invertidos. Desse modo, o coeficiente da regressão com os escores de ineficiência da SF é positivo.

8 DISCUSSÃO

A discussão deste estudo dá prosseguimento à sequência de textos, desenvolvidos no Ipea, com o objetivo de analisar as eficiências relativas dos sistemas de saúde ao redor do globo terrestre. Este trabalho unificou as duas amostras utilizadas nos exercícios de comparação realizados entre o Brasil e os países da OCDE; e entre o Brasil e demais países da América Latina e Caribe. Nesse sentido, a própria construção da amostra já se revela como um objeto de análise e, portanto, os resultados do presente trabalho são indissociáveis das conclusões dos dois primeiros textos da série.

A amostra utilizada neste estudo, construída com países desenvolvidos da OCDE e países latino-americanos e caribenhos, possui um alto grau de heterogeneidade, em todos os sentidos. Seja analisando os indicadores de saúde, seja analisando o contexto socioeconômico desta base de dados, encontrar uma tendência nos resultados configura uma difícil tarefa. Foram 61 países analisados que, tendo como seu principal insumo o gasto com saúde *per capita*, revelaram valores para essa variável oscilando entre US\$PPC 71.00, no Haiti, até os US\$PPC 7,410.00 nos Estados Unidos. Nesse sentido, analisar a alocação deste investimento, com cifras tão díspares, em indicadores que informam sobre a qualidade de vida, em termos de saúde, de cada país é, sem dúvida, uma tarefa não trivial. Tal dificuldade confere a este exercício um alto poder informativo em função, principalmente, dos inúmeros modelos gerados.

A análise da eficiência dos sistemas de saúde foi realizada por meio de doze modelos, onze deles utilizando a DEA e um modelo de SF. Nos modelos de DEA observa-se uma notória semelhança dos resultados com aqueles encontrados tanto na comparação exclusiva com a OCDE quanto naquela exclusiva da América Latina e Caribe. Basicamente, nos modelos onde são utilizadas variáveis relacionadas ao estado de saúde da população, apenas Cuba e Haiti continuam atingindo o escore máximo de eficiência. No outro extremo, os Estados Unidos continuam, de modo análogo, a figurar como um dos países mais ineficientes da amostra. Com a inclusão de variáveis não discricionárias, especialmente população e área territorial, observa-se, claramente, uma melhora na eficiência dos países tanto com grande contingente populacional quanto com vasta extensão territorial, tendência essa que muda radicalmente quando esta área geográfica é padronizada pela população. Então, com a inclusão da densidade demográfica, os resultados voltam a indicar países de grande população e extensão territorial, como Brasil e Estados Unidos, como não eficientes.

Os dois últimos modelos de DEA foram gerados com o intuito de tentar estabelecer alguma comparação com os modelos de SF. As variáveis utilizadas foram o índice de sobrevivência infantil e a área territorial. Seguindo a tendência, nesse texto, dos modelos de DEA que fazem uso de variáveis não discricionárias, é possível constatar uma relação positiva entre grandes extensões territoriais e altos escores de eficiência relativa.

A análise da SF permite algumas importantes considerações. Apesar de utilizar o mesmo conjunto de variáveis que os dois últimos modelos de DEA construídos fazem

uso, a posição dos países na fronteira é significativamente diferente. O Haiti, país que apresentou máxima eficiência relativa ao lado de Cuba, mantém esse resultado tendo conquistado a menor ineficiência da amostra. Cuba, entretanto, não só deixou de ser o país com melhor eficiência como caiu várias posições ficando atrás, inclusive, do Brasil e dos Estados Unidos. Entre os piores classificados estão países ricos da Europa Ocidental e o Japão.

Um ponto importante é verificar que atendeu-se a duas principais motivações: a primeira foi inserir o Brasil em ampla base de dados internacionais, no que se refere aos indicadores de saúde. Em princípio, isso somente vem sendo feito nos relatórios da OMS. A segunda motivação foi realizar comparações de eficiência entre os países (incluindo o Brasil) com múltiplas metodologias, o que não é usual na literatura.

9 BRASIL: O QUE APRENDEMOS?

Entende-se o presente trabalho como a sequência de uma série de estudos, desenvolvidos no Ipea, com o objetivo de comparar o sistema de saúde do Brasil com aqueles da OCDE e da América Latina e Caribe. Então, uma seção inteiramente dedicada à análise mais aprofundada do desempenho de nosso país se faz necessária.

A própria motivação que originou esses textos se configura em um ponto de destaque. Num primeiro momento, a desejável conclusão destes exercícios era mostrar a possibilidade, e viabilidade, de encaixar o Brasil em sólidas bases de dados internacionais, no que tange ao setor da saúde, e de realizar avaliações comparativas de eficiência com múltiplas abordagens, referenciadas pelo estado-da-arte.

Para entender como o Brasil se comporta, tanto em termos descritivos como nos exercícios analíticos, esta seção será dividida e nela será feita uma análise para cada exercício realizado: análise descritiva dos indicadores, DEA e SF.

9.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS INDICADORES

A observação dos indicadores do Brasil na amostra formada pelos países da América Latina e Caribe revela uma posição diametralmente diferente daquela observada na amostra da OCDE. Na amostra da OCDE, o Brasil apresentava indicadores

relativamente ruins. Entretanto, na amostra da América Latina, o país se encaixa em posição que pode ser considerada favorável. A análise dos indicadores brasileiros, no caso da comparação internacional unificando as duas bases, contém um alto poder explicativo na medida em que, de alguma forma, se converte em uma análise mais ampla dos dois textos anteriores. Essa síntese é mostrada no breve resumo estatístico na tabela 15.

TABELA 15
Resumo estatístico

Estatísticas	Gasto com saúde <i>per capita</i> (US\$PPP)	Esperança de vida ao nascer mulheres	Anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis
Média	2,053.34	79,197	33,754
Mediana	1,453.00	80	28
Mínimo	71.00	63	13
Máximo	7,410.00	86	78
N	61	61	61
Brasil	943.00	77	44

Elaboração dos autores.

Na tabela 15, é possível observar que, na amostra de todos os países, o Brasil assume posição abaixo da média e da mediana dos gastos *per capita* em saúde, em torno da média e da mediana no que se refere ao indicador de esperança de vida ao nascer, e acima da média e da mediana dos anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis.

A seguir será analisada a sequência de exercícios empíricos realizados por cada metodologia adotada: DEA e SF.

9.2 RESULTADOS COM DEA

Os exercícios de comparação internacional realizados com as variáveis de saúde permitem comentários oportunos. Em primeiro lugar, existe uma importante ressalva a ser feita referente à natureza dos modelos de análise. Os estudos envolvendo DEA ou SF são exercícios relativos e, portanto, dependentes da construção da amostra e do conjunto de variáveis utilizado. Os resultados para o Brasil e para os demais países não se configuram, de modo algum, em resultados absolutos e que devam ser aplicados diretamente nos países sem os devidos cuidados. Toda análise, dessa forma, deve adotar um caráter relativo e restrito ao estudo.

No texto em que a amostra era a OCDE e o Brasil (Marinho, Cardoso e Almeida, 2009), observando os indicadores isoladamente e tendo em vista a mencionada ressalva, os resultados encontrados parecem ferir, de algum modo, as expectativas mais comuns. O fato de o Brasil apresentar indicadores relativamente fracos com relação a esse conjunto de países não determinou uma predominância, de modo sistemático, de igualmente fracos desempenhos relativos. Pelo contrário, dos quatorze modelos gerados, em apenas um o Brasil apresentou a menor eficiência relativa e, em sete deles, o país apresenta escore máximo de eficiência. Ocupar esses dois extremos em um amplo leque de exercícios empíricos faz com que a ideia de existência de uma suposta indiscutível ineficiência do sistema de saúde brasileiro, em termos relativos, seja encarada com ressalvas.

A comparação entre o sistema de saúde brasileiro e os dos países da América Latina e Caribe (Marinho, Cardoso e Almeida, 2011), utilizando DEA, deu origem a uma série de doze modelos. Em quase 50% dos casos o Brasil apresentou o pior desempenho da amostra, destacando, mais uma vez, a natureza relativa desses exercícios. O deslocamento do Brasil da amostra da OCDE para a amostra da América Latina e Caribe mudou, significativamente, a posição relativa do país em termos de eficiência. A posição do Brasil com relação ao gasto *per capita* com saúde, em conjunto com os resultados obtidos e as fronteiras geradas na amostra da América Latina e Caribe, reforçam a hipótese de sensibilidade dos indicadores e dos eventuais retornos decrescentes de escala no setor da saúde. No referido texto essa é uma hipótese bem debatida em função, sobretudo, dos países que atingiram os melhores níveis de eficiência em todos os modelos gerados, Cuba e Haiti.

Assim como não foi possível extrair um único resultado dos exercícios empíricos realizados com a base da OCDE no que se refere ao desempenho do Brasil, tampouco foi possível extrair uma unicidade, em termos de eficiência, quando analisados os escores atingidos pelo país na amostra da América Latina e Caribe. Dessa forma, tentar estabelecer uma regra de desempenho com a junção das duas amostras se torna um exercício pouco profícuo. Reiterando, esse é um exercício, em toda sua extensão, comparativo e relativo. Seus resultados são amplamente dependentes da amostra e do conjunto de variáveis selecionadas. Apesar dessas limitações, tentar-se-á, nesse ponto do texto, fazer uma síntese dos resultados.

A análise dos resultados brasileiros pode ser resumida da seguinte forma. Nos modelos de DEA em que as variáveis utilizadas eram, estrita e unicamente, relacionadas

aos indicadores de saúde, os desempenhos relativos, em termos de eficiência, do Brasil não se mostraram muito satisfatórios. Em termos mais gerais, nesses modelos, o país ocupava, em todos os casos, o último quartil da distribuição. Essa tendência muda, significativamente, quando inseridas variáveis ambientais (ou não discricionárias) que, de alguma forma, considerem a grande extensão territorial e a numerosa população brasileiras como fatores que podem impactar, não positivamente, a eficiência do Brasil no setor da saúde. Contudo, quando essa grande área territorial é ponderada pelo grande contingente populacional, dando uma noção de distribuição dos serviços de saúde pela sociedade, essa eficiência volta a diminuir e o país passa a não ser tão bem avaliado.²³

9.3 RESULTADOS COM SFS

No presente trabalho, assim como nos dois anteriores dessa série, apenas um modelo de SF foi construído. Esse método merece uma análise mais detalhada no que se refere à posição do Brasil e, talvez principalmente, às variáveis selecionadas.

No estudo envolvendo a OCDE e o Brasil, a SF construída considerava como variáveis explicativas a esperança de vida ao nascer (masculina) e o índice de sobrevivência infantil. Nos países selecionados, exceção dada a Brasil, México e Turquia, a estrutura de morbimortalidade encontra-se em um patamar bem diferente da dos países da América Latina. As maiores causadoras de mortalidade na OCDE são as doenças não transmissíveis. Nesse sentido, para avaliar os sistemas de saúde desses países foram utilizadas variáveis que revelassem, e sintetizassem, a qualidade de vida da população – mortalidade infantil e esperança de vida –, dado que a estrutura epidemiológica já se encontra em um patamar mais desejável. Além disso, não foram consideradas variáveis não discricionárias. O resultado desse modelo foi uma eficiência relativamente alta para o Brasil, fazendo o país atingir a melhor colocação da amostra. Novamente, esse resultado revelou que o gasto com saúde assume retornos decrescentes de escala. Essa hipótese foi corroborada, ainda, pela alta sensibilidade dos indicadores a mudanças na variável gasto com saúde *per capita*.

A fronteira de SF gerada para os países da América Latina, Caribe e Brasil foi construída com variáveis significativamente diferentes daquelas utilizadas no caso da OCDE. Para o conjunto de países latino-americanos foram utilizados indicadores

23. Na base da OCDE essa é uma tendência muito semelhante àquela obtida pelos Estados Unidos.

que revelam a estrutura epidemiológica dos países, de um modo geral. Essas variáveis foram os anos de vida recuperados por doenças transmissíveis e por doenças não transmissíveis. Além disso, foi considerada a população desses países. Cuba não manteve o desempenho ótimo que obteve nos modelos de DEA. Novamente, o Haiti tem o melhor desempenho da amostra. O Brasil, nesse caso, apesar de não ter mantido o melhor resultado da amostra foi classificado entre os dez mais eficientes, ocupando a nona posição neste grupo.

O modelo de SF gerado com a base da OCDE em conjunto com a base da América Latina, Caribe e Brasil encerrou, no presente estudo, os exercícios analíticos de comparação internacional. Nesse modelo, por razões econométricas e metodológicas já justificadas, foram utilizadas duas variáveis explicativas: a esperança de vida ao nascer para mulheres e os anos de vida recuperados para doenças não transmissíveis. O Brasil, em um conjunto de 61 países, ocupou a 17ª posição, que pode ser considerada, em alguma medida, razoável.

10 COMENTÁRIOS FINAIS

Conforme discutido em Marinho, Cardoso Almeida (2009), vários estudos classificam o Brasil em *rankings* de sistemas de saúde utilizando modelos de fronteiras de eficiência, e os resultados são os mais variados. Evans *et al.* (2000), utilizando um modelo econométrico flexível (*translog*), aplicado em gastos com saúde e perfil educacional, e tendo como resultado (*outcome*) um indicador sintético de condições de saúde, esperança de vida ajustada por incapacidade – *Disability Adjusted Life Expectancies* (Dale) –, colocaram o Brasil em 78º lugar entre 191 países avaliados. Neste estudo, Oman aparece em primeiro lugar; Malta em segundo; Itália em terceiro; Cuba, em 36º; México, 63º; Argentina, 71º; Estados Unidos, 72º; e Zimbábue na 191ª posição. Em OMS (2000), o *ranking* anterior é apresentado, embora sem identificação de autoria. Adicionalmente, outra classificação é explicitada em OMS (2000). Neste estudo, o produto do sistema de saúde inclui, além da medida de saúde (o Dale), com peso de 50%, um conjunto de variáveis (sinteticamente denominadas *responsiveness*) relacionadas com as expectativas dos cidadãos. Tais expectativas são avaliadas em relação não somente ao que um sistema de saúde como um todo faz, mas também à forma como ele faz. Estas variáveis (*responsiveness*), com peso de 50%, seriam representativas do respeito à dignidade e

à autonomia das pessoas, e da confidencialidade das informações dos sistemas (com peso de 25% para o nível total e 25% para a distribuição ou desigualdade). Neste caso, alguns posicionamentos interessantes seriam: Brasil em 125º lugar entre 191 países avaliados; França em primeiro lugar; Itália em segundo; Estados Unidos em 37º; Cuba em 39º; México, 61º; Argentina, 75º; Haiti, 138º; e Serra Leoa na 191º (última) posição. Os países desenvolvidos, nesta análise, melhoraram suas posições. Ribeiro e Rodrigues Júnior (2006) avaliam a eficiência dos gastos públicos na América Latina com diversos indicadores de desempenho, incluindo saúde (mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer). No geral, Costa Rica, Uruguai e Chile obtêm os melhores resultados. Cuba e Haiti não fazem parte da amostra. Tais autores concluem que o Brasil tem um mau desempenho, mas os resultados para a saúde, que apresentam pouca dispersão, não podem ser isoladamente avaliados no modelo de DEA utilizado. O trabalho de Afonso, Schuknecht e Tanzi (2006) tem características e resultados semelhantes (ruins) para o Brasil. Estache, Gonzalez e Trujillo (2007), em um modelo econométrico de medida de eficiência, obtiveram resultados melhores para a eficiência de gastos governamentais, incluindo saúde, em países de alta renda, quando comparados com países de renda média e baixa. Contudo, também não foi possível discriminar com precisão a posição do sistema de saúde brasileiro no referido trabalho. Em suma, não existe consenso na literatura relacionada a classificações de serviços de saúde dos países, embora, em princípio, os países desenvolvidos, com a notável exceção negativa dos Estados Unidos, apareçam nas melhores posições.

Em resumo, apesar de algumas grandes discrepâncias entre os valores observados nas variáveis utilizadas nos modelos, a comparação entre os sistemas de saúde é possível com diferentes técnicas. Tal comparação deve ser cuidadosa, e sem pretensões de realizar afirmativas peremptórias, categóricas ou definitivas. A posição relativa do nosso país varia bastante em função do modelo de análise, das variáveis consideradas em cada modelo, e da amostra de países utilizada. Isso não ocorre com alguns países que, em nosso conceito econômico de eficiência, sistematicamente teriam bom desempenho (caso de Cuba e Haiti).

Novamente, nossas constatações devem vir acompanhadas da necessária distinção entre o conceito de efetividade e o conceito de eficiência, que são mal compreendidos com frequência. Efetividade significa a obtenção de resultados pretendidos, ou seja, de bons indicadores de saúde (caso dos Estados Unidos e de Cuba, entre outros). Ser eficiente

é possuir uma alta capacidade relativa de transformar recursos, mesmo insuficientes ou irrisórios, em resultados, ainda que esses resultados não sejam satisfatórios, como é o notório caso do Haiti, entre outros. Talvez, um paradoxo maior seja o caso de países com altíssimos gastos, mas com eficiência duvidosa, como ocorreria, por exemplo, com os Estados Unidos. Os gastos *per capita*, que ascenderam a US\$PPP 7,410.00 são, de longe, os maiores da amostra (a média mundial é US\$PPP 2,053.344). Mas a taxa de transformação dos mesmos em resultados deixaria a desejar, de acordo com muitos dos resultados que obtivemos, e mesmo em consonância com a literatura examinada.²⁴

Devemos assinalar que as condições médias de saúde nos Estados Unidos são próximas da média mundial, de acordo com os indicadores utilizados, situando-se pouco acima ou pouco abaixo da média, dependendo do indicador. Já se comentou que a bibliografia aponta inúmeras razões para o mau desempenho dos Estados Unidos: baixa produtividade setorial; incorporação de tecnologias cada vez mais caras; presença generalizada de *moral-hazard*; fortes desigualdades em saúde; sistema de pagamentos baseados em custos em vez de resultados (*outcomes*); resistência política à implementação de reformas, entre outros. O que se estima, em alguns modelos, é que os resultados obtidos pelos Estados Unidos poderiam ser obtidos com gastos em saúde significativamente menores. Ou, alternativamente, os resultados, dados os elevadíssimos gastos, deveriam também estar muito acima da média mundial, o que não ocorreu.

Resta, obviamente, realizar estudos mais detalhados sobre as características, semelhanças e dessemelhanças intrínsecas e extrínsecas aos sistemas de saúde dos diversos países, para verificar as possibilidades de incorporá-las em modelos comparativos de desenho quantitativo como os que aqui se empreendeu. Não seria tarefa fácil. Tanto que, até onde se sabe, isso nunca foi realizado em amostras tão amplas. Trata-se, portanto, de desafio e motivação que se colocam diante de nós, na nossa trajetória de atender aos ditames constitucionais de avaliar a eficiência do setor público brasileiro em geral, e do sistema público de saúde brasileiro em particular.

24. Para mais detalhes, ver Garber e Skinner (2008) e OECD (2010).

REFERÊNCIAS

- AFONSO, A.; SCHUKNECHT, L.; TANZI, V. P. **Public sector efficiency. Evidence for new EU members states and emerging markets.** European Central Bank, Jan. 2006 (Working Paper Series, n. 581).
- AFONSO, A.; ST. AUBYN, M. Non-parametric approaches to education and health expenditure efficiency in OECD countries. **Journal of applied economics**, v. VIII, n. 2, p. 227-246, Nov. 2005.
- AIGNER, D.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. S. Formulation and estimation of stochastic frontier models. **Journal of econometrics**, v. 6, p. 21-37, 1977.
- BANKER, R. D. Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. **European journal of operational research**, n. 17, p. 35-44, 1984.
- BANKER, R.; MOREY, R. C. Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs. **Operations research**, v. 34, n. 4, p. 513-521, July/Aug. 1986.
- BARROS, P. P. Economia da saúde. **Conceitos e comportamento.** Coimbra: Edições Almedina, 2005.
- BATTESE, G. E.; CORRA, G. S. Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia. **Australian journal of agricultural economics**, v. 21, n. 3, p. 169-179, Dec. 1977.
- BRASIL. Senado Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil:** texto consolidado até a Emenda Constitucional nº 52, de 8 de março de 2006, Artigo 37, *caput*. Brasília: Secretaria Especial de Editoração e Publicações, 2006.
- BROCKETT, P. L.; GOLANY, B. Using rank statistics for determining programmatic efficiency differences in data envelopment analysis. **Management science**, v. 42, n. 3, p. 466-472, Mar. 1996.
- CALVO, M. C. M. Análise da eficiência produtiva de hospitais públicos e privados no Sistema Único de Saúde (SUS). In: PIOLA, S. F.; JORGE, E. L. (Org.). **Economia da saúde: 1º Prêmio Nacional – 2004:** coletânea premiada. Brasília: Ipea, DFID, 2005.
- CHARNES, A. *et al.* **Data envelopment analysis. Theory, methodology and applications.** Kluwer Academic Publishers, MA., 1994.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European journal of operational research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
- _____. Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. **Management science**, v. 27, n. 6, p. 668-697, June 1981.
- CHARNES, A.; ROUSSEAU, J. J.; SEMPLE, J. H. Non-Archimedean infinitesimals, transcendentals and categorical inputs in linear programming and data envelopment analysis. **Int. j. systems SCI**, v. 23, n. 12, p. 2.401-2.406, 1992.

CHILINGERIAN, J. A. Exploring why some physicians' hospital practices are more efficient: taking DEA inside the hospital. *In: CHARNES, A. et al. Data envelopment analysis*. London: Kluwer Academic Publishers, 1994.

COOK, W. D.; KRESS, M.; SEIFORD, L. M. Data envelopment analysis in the presence of both quantitative and qualitative factors. **Journal of operational research society**, v. 47, p. 945-953, 1996.

DEVER, G. E. A. **A epidemiologia na administração dos serviços de saúde**. São Paulo: Pioneira, 1998. 394 p.

ESTACHE, A.; GONZALEZ, M.; TRUJILLO, L. **Government expenditures on education, health, and infrastructure: a Naïve look at levels, outcomes and efficiency**. May 2007 (World Bank Policy Research Working Paper, n. 4.219).

EVANS, D. B. *et al.* **The comparative efficiency of national health systems in producing health: an analysis of 191 countries**. World Health Organization, 2000 (GPE Discussion Paper Series, n. 29).

FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. **The measurement of productive efficiency. Techniques and applications**. New York: Oxford University Press Inc., 1993.

GARBER, A. M.; SKINNER, J. **Is American health care uniquely inefficient?** NBER, Aug. 2008 (Working Paper Series, n. 14.257).

GSTACH, D. Comparing structural efficiency of unbalanced subsamples: a resampling adaptation of data envelopment analysis. **Empirical economics**, v. 20, p. 531-542, 1995.

JACOBS, R.; SMITH, P. C.; STREET, A. **Measuring efficiency I health care. Analytic techniques and health policy**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2006.

JOUMARD, I.; ANDRÉ, C.; NICQ, C. **Health care systems: efficiency and institutions**. OECD Economics Department, 2010 (Working Papers, n. 769). OECD Publishing. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/5kmpf51f5f9t-en>>.

KOOREMAN, P. Data envelopment analysis and parametric frontier estimation: complementary tools. **Journal of health economics**, v. 13, p. 345-346, 1994.

LA FORGIA, G. M.; COUTTOLENC, B. F. **Hospital performance in Brazil. The search for excellence**. Washington, DC: The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank, 2008.

MARINHO, A. Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Rio de Janeiro. **Revista brasileira de economia**, v. 57, n. 3, p. 515-534, jul./set. 2003.

_____. Hospitais universitários: indicadores de utilização e análise de eficiência técnica. **Economia aplicada**, v. 6, n. 3, jul./set. 2002.

MARINHO, A.; CARDOSO, S. S., ALMEIDA, V. V. **Brasil e OCDE: avaliação da eficiência em sistemas de saúde**. Rio de Janeiro: Ipea, 2009 (Texto para Discussão, n. 1.370).

_____. **Brasil, América Latina e Caribe:** avaliação de eficiência em sistema de saúde. Rio de Janeiro: Ipea, 2011 (Texto para Discussão, n. 1.646).

_____. Avaliação comparativa de sistemas de saúde com a utilização de fronteiras estocásticas: Brasil e OCDE. **Revista brasileira de economia (RBE)**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 1, p. 3-19, jan.-mar. 2012.

MARINHO, A.; FAÇANHA, L. O. Hospitais universitários: avaliação comparativa de eficiência técnica. **Economia aplicada**, v. 4, n. 2, p. 315-349, abr./jun. 2000.

_____. **Programas sociais:** efetividade, eficiência e eficácia como dimensões operacionais da avaliação. Rio de Janeiro: Ipea, 2001 (Texto para Discussão, n. 787).

MARMOR, T. R. Comparing global health systems: lessons and caveats. *In*: WIENERS, W. W. (Ed.). **Global health care markets:** a comprehensive guide to regions, trends, and opportunities shaping the international health arena. San Francisco: Jossey-Bass, 2001. p. 7-23.

MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International economic review**, v. 18, n. 2, p. 435-444, June 1977.

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY. Disponível em: <<http://www3.nationalgeographic.com/places/countries/>>. Acesso em: 29 out. 2007.

OCKÉ-REIS, C. O. **Sistemas de saúde comparados:** gasto, acesso e desempenho. Rio de Janeiro: Ipea, nov. 2006 (Seminários DIMAC, n. 237).

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Health care systems:** getting more value for money. 2010 (OECD Economics Department Policy Notes, n. 2).

PARKIN, D.; HOLLINGSWORTH, B. Measuring production efficiency of acute hospitals in Scotland, 1991-94: validity issues in data envelopment analysis. **Applied economics**, v. 29, p. 1.425-1.433, 1997.

PRIOR, D. Technical efficiency and scope economies in hospitals. **Applied economics**, v. 28, p. 1.295-1.301, 1996.

PROITE, A.; SAMPAIO DE SOUZA, M. C. Eficiência técnica, economias de escala, estrutura da propriedade e tipo de gestão no sistema hospitalar brasileiro. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CENTROS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA, 32., **Anais...** ANPEC, 2004.

RIBEIRO, M. B.; RODRIGUES JÚNIOR, W. Eficiência do gasto público na América Latina. **Boletim de desenvolvimento fiscal**, Ipea, n. 3, p. 43-56, dez. 2006.

ROUQUAYROL, M. Z.; ALMEIDA FILHO, N. **Epidemiologia e saúde**. 5. ed. Primeira impressão, Medsi, Rio de Janeiro: Editora Médica e Científica Ltda., 2001.

RUGGIERO, J. On the measurement of technical efficiency in the public sector. **European journal of operational research**, v. 90, p. 553-565, 1996.

SANTERRE, R. E.; NEUN, S. P. **Health economics. Theories, insights and industry studies**. Revised edition. South-Western, Ohio, 2000.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production process. **Journal of econometrics**, v. 136, Issue 1, p. 31-64, Jan. 2007.

SMITH, P. C.; STREET, A. Measuring the efficiency of public services: the limits of analysis. **Journal of the royal statistical society**, v. 168, part 2, p. 401-417, 2005.

VITALIANO, D. F.; TOREN, M. Cost and efficiency in nursing homes: a stochastic frontier approach. **Journal of health economics**, v. 13, p. 281-300, 1994.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health systems: improving performance**. Geneva, Switzerland, 2000.

ZWEIFEL, P.; BREYER, F. **Health economics**. New York: Oxford University Press Inc. 1997.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BOGETOFT, P. Incentive efficient production frontiers: an agency perspective on DEA. **Management science**, v. 40, n. 8, p. 959-968, Aug. 1994.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The world health report**, 2000. Health systems: improving performance. Geneva, Switzerland, 2000.

_____. Disponível em: <<http://www.who.int/whosis/whostat2007.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2007.

APÊNDICE A – INDICADORES SELECIONADOS PARA AMÉRICA LATINA, CARIBE E OCDE

TABELA A.1
América Latina, Caribe e OCDE: indicadores

Países	Gasto com saúde <i>per capita</i> (US\$PPP) 2009	Esperança de vida ao nascer		Índice de mortalidade infantil (por mil nascidos vivos) 2010
		Homens 2009	Mulheres 2009	
Alemanha	4,129.000	78	83	3
Antígua e Barbuda	950.000	73	76	7
Argentina	1,387.000	72	79	12
Austrália	3,382.000	80	84	4
Áustria	4,243.000	78	83	4
Bahamas	1,633.000	72	78	14
Barbados	1,457.000	73	80	17
Bélgica	4,237.000	77	83	4
Belize	365.000	71	76	14
Bolívia	225.000	66	70	42
Brasil	943.000	70	77	17
Canadá	4,196.000	79	83	5
Chile	1,185.000	76	82	8
Colômbia	569.000	73	80	17
Costa Rica	1,165.000	77	81	9
Cuba	480.000	76	80	5
Dinamarca	4,118.000	77	81	3
Dominica	626.000	72	76	11
El Salvador	427.000	68	76	14
Equador	503.000	73	78	18
Eslováquia	1,898.000	71	79	7
Espanha	3,152.000	78	85	4
Estados Unidos	7,410.000	76	81	7
Finlândia	3,357.000	77	83	2
França	3,934.000	78	85	3
Granada	620.000	69	77	9
Grécia	3,085.000	78	83	3
Guatemala	337.000	66	73	25
Guiana	258.000	64	70	25
Haiti	71.000	60	63	70
Holanda	4,389.000	78	83	4

(Continua)

(Continuação)

Países	Gasto com saúde <i>per capita</i> (US\$PPP) 2009	Esperança de vida ao nascer		Índice de mortalidade infantil (por mil nascidos vivos) 2010
		Homens 2009	Mulheres 2009	
Honduras	230.000	67	73	20
Hungria	1,453.000	70	78	5
Irlanda	4,005.000	77	82	3
Islândia	3,095.000	80	83	2
Itália	3,027.000	79	84	3
Jamaica	383.000	69	74	20
Japão	2,713.000	80	86	2
Luxemburgo	6,526.000	78	83	2
México	862.000	73	78	14
Nicarágua	254.000	71	77	23
Noruega	5,395.000	79	83	3
Nova Zelândia	2,662.000	79	83	5
Panamá	1,081.000	74	79	17
Paraguai	305.000	72	77	21
Peru	400.000	74	77	15
Polônia	1,359.000	71	80	5
Portugal	2,703.000	76	82	3
Reino Unido	3,399.000	78	82	5
República Tcheca	1,924.000	74	80	3
República da Coreia	1,829.000	77	83	4
República Dominicana	495.000	71	72	22
Saint Lucia	775.000	71	78	14
Saint Kitts e Nevis	839.000	71	78	7
Suécia	3,690.000	79	83	2
Suíça	5,072.000	80	84	4
Suriname	1,633.000	68	75	27
Trinidad e Tobago	1,733.000	66	75	24
Turquia	965.000	72	77	14
Uruguai	979.000	72	79	9
Venezuela	737.000	71	78	16

(Continua)

(Continuação)

Países	Distribuição de anos de vida perdidos por causas mais amplas transmissíveis	Distribuição de anos de vida perdidos por causas mais amplas não transmissíveis	Distribuição de anos de vida perdidos por causas mais amplas causas externas
	(%) 2008	(%) 2008	(%) 2008
Alemanha	5	87	8
Antígua e Barbuda	17	69	14
Argentina	18	67	16
Austrália	6	79	15
Áustria	4	84	12
Bahamas	24	57	18
Barbados	16	73	11
Bélgica	7	78	15
Belize	28	43	30
Bolívia	55	34	11
Brasil	20	56	24
Canadá	6	79	14
Chile	10	71	20
Colômbia	21	43	36
Costa Rica	13	62	25
Cuba	8	78	13
Dinamarca	5	85	10
Dominica	16	74	11
El Salvador	22	46	32
Equador	30	45	25
Eslováquia	6	81	13
Espanha	7	83	10
Estados Unidos	9	72	19
Finlândia	3	77	20
França	6	80	14
Granada	17	70	13
Grécia	5	83	12
Guatemala	45	31	24
Guiana	32	47	21
Haiti	72	22	6
Holanda	6	86	8
Honduras	42	43	14
Hungria	3	87	10
Irlanda	6	78	16
Islândia	5	77	18
Itália	5	86	9
Jamaica	37	42	21
Japão	9	77	15
Luxemburgo	5	79	15

(Continua)

(Continuação)

Países	Distribuição de anos de vida perdidos por causas mais amplas transmissíveis	Distribuição de anos de vida perdidos por causas mais amplas não transmissíveis	Distribuição de anos de vida perdidos por causas mais amplas causas externas
	(%) 2008	(%) 2008	(%) 2008
México	19	61	20
Nicarágua	33	49	17
Noruega	6	80	14
Nova Zelândia	5	77	18
Panamá	30	48	22
Paraguai	35	45	21
Peru	37	46	17
Polônia	5	80	15
Portugal	10	81	9
Reino Unido	8	83	9
República Tcheca	5	83	13
República da Coreia	7	72	21
República Dominicana	42	42	17
Saint Lucia	20	60	20
Saint Kitts e Nevis	14	63	23
Suécia	5	83	12
Suíça	5	82	13
Suriname	30	52	18
Trinidad e Tobago	22	59	19
Turquia	21	68	11
Uruguai	12	74	14
Venezuela	20	42	38

(Continua)

(Continuação)

Países	Anos de vida recuperados por doenças transmissíveis 2008	Anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis 2008	Anos de vida recuperados por causas externas 2008
Alemanha	95	13	92
Antígua e Barbuda	83	31	86
Argentina	82	33	84
Austrália	94	21	85
Áustria	96	16	88
Bahamas	76	43	82
Barbados	84	27	89
Bélgica	93	22	85
Belize	72	57	70
Bolívia	45	66	89
Brasil	80	44	76
Canadá	94	21	86
Chile	90	29	80
Colômbia	79	57	64
Costa Rica	87	38	75
Cuba	92	22	87
Dinamarca	95	15	90
Dominica	84	26	89
El Salvador	78	54	68
Equador	70	55	75
Eslováquia	94	19	87
Espanha	93	17	90
Estados Unidos	91	28	81
Finlândia	97	23	80
França	94	20	86
Granada	83	30	87
Grécia	95	17	88
Guatemala	55	69	76
Guiana	68	53	79
Haiti	28	78	94
Holanda	94	14	92
Honduras	58	57	86
Hungria	97	13	90
Irlanda	94	22	84
Islândia	95	23	82
Itália	95	14	91
Jamaica	63	58	79
Japão	91	23	85
Luxemburgo	95	21	85
México	81	39	80

(Continua)

(Continuação)

Países	Anos de vida recuperados por doenças transmissíveis 2008	Anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis 2008	Anos de vida recuperados por causas externas 2008
Nicarágua	67	51	83
Noruega	94	20	86
Nova Zelândia	95	23	82
Panamá	70	52	78
Paraguai	65	55	79
Peru	63	54	83
Polônia	95	20	85
Portugal	90	19	91
Reino Unido	92	17	91
República Tcheca	95	17	87
República da Coreia	93	28	79
República Dominicana	58	58	83
Saint Lucia	80	40	80
Saint Kitts e Nevis	86	37	77
Suécia	95	17	88
Suíça	95	18	87
Suriname	70	48	82
Trinidad e Tobago	78	41	81
Turquia	79	32	89
Uruguai	88	26	86
Venezuela	80	58	62

(Continua)

(Continuação)

Países	População (milhares) 2009	Índice de sobrevivência Infantil 2010	Área territorial ¹ (km ²) Sem definição	Densidade demográfica (mil hab./km ²)
Alemanha	82.167	332,333	357.022	230,145
Antígua e Barbuda	88	141,857	442	199,095
Argentina	40.276	82,333	278.400	144,670
Austrália	21.293	249,000	7.692.024	2,768
Áustria	8.364	249,000	83.858	99,740
Bahamas	342	70,429	13.939	24,535
Barbados	256	57,824	430	595,349
Bélgica	10.647	249,000	30.528	348,762
Belize	307	70,429	22.965	13,368
Bolívia	9.863	22,810	1.098.581	8,978
Brasil	193.734	57,824	8.547.403	22,666
Canadá	33.573	199,000	9.984.670	3,362
Chile	16.970	124,000	756.096	22,444
Colômbia	45.660	57,824	1.141.748	39,991
Costa Rica	4.579	110,111	51.100	89,609
Cuba	11.204	199,000	110.860	101,064
Dinamarca	5.470	332,333	43.098	126,920
Dominica	67	89,909	751	89,214
El Salvador	6.163	70,429	21.041	292,904
Equador	13.625	54,556	28.356	480,498
Eslováquia	5.406	141,857	49.035	110,248
Espanha	44.904	249,000	505.988	88,745
Estados Unidos	314.659	141,857	9.826.630	32,021
Finlândia	5.326	499,000	338.145	15,751
França	62.343	332,333	543.965	114,608
Granada	104	110,111	344	302,326
Grécia	11.161	332,333	131.957	84,581
Guatemala	14.027	39,000	108.889	128,819
Guiana	762	39,000	214.969	3,545
Haiti	10.033	13,286	27.750	361,550
Holanda	16.592	249,000	41.528	399,538
Honduras	7.466	49,000	112.492	66,369
Hungria	9.993	199,000	9.303	1.074,170
Irlanda	4.515	332,333	70.273	64,249
Islândia	323	499,000	103	3.135,922
Itália	59.870	332,333	301.333	198,684
Jamaica	2.719	49,000	10.991	247,384
Japão	127.156	499,000	377.887	336,492
Luxemburgo	486	499,000	2.586	187,935
México	109.610	70,429	1.964.375	55,799

(Continua)

(Continuação)

Países	População (milhares) 2009	Índice de sobrevivência Infantil 2010	Área territorial ¹ (km2) Sem definição	Densidade demográfica (mil hab./km2)
Nicarágua	5.743	42,478	130.000	44,177
Noruega	4.812	332,333	323.758	14,863
Nova Zelândia	4.266	199,000	270.534	15,769
Panamá	3.454	57,824	75.517	45,738
Paraguai	6.349	46,619	406.752	15,609
Peru	29.165	65,667	1.285.216	22,693
Polônia	38.074	199,000	312.685	121,765
Portugal	10.707	332,333	92.345	115,946
Reino Unido	61.565	199,000	24.291	2.534,478
República Tcheca	10.369	332,333	78.866	131,476
República da Coreia	48.333	249,000	9.925	4.869,824
República Dominicana	10.090	44,455	48.442	208,290
Saint Lucia	172	70,429	616	279,221
Saint Kitts e Nevis	52	141,857	269	193,309
Suécia	9.249	499,000	449.964	20,555
Suíça	7.568	249,000	41.284	183,316
Suriname	520	36,037	163.265	3,185
Trinidad e Tobago	1.339	40,667	5.128	261,115
Turquia	74.816	70,429	779.452	95,985
Uruguai	3.361	110,111	176.215	19,073
Venezuela	28.583	61,500	912.050	31,339

(Continua)

(Continuação)

Países	Médicos (densidade/mil hab.)		Enfermeiros (mil hab.)		Leitos (10 mil hab.)	
	Anos	Valores	Anos	Valores	Anos	Valores
Alemanha	2008	3,531	2008	10,818	2008	82,000
Antígua e Barbuda	1999	0,170	1999		2009	22,000
Argentina	2004	3,155	2004	0,481	2000	41,000
Austrália	2009	2,991	2009	9,589	2009	38,000
Áustria	2009	4,749	2009		2008	77,000
Bahamas	1998	1,050	1998		2008	31,000
Barbados	2005	1,811	2005	4,856	2008	76,000
Bélgica	2008	2,987	2008	0,295	2009	66,000
Belize	2009	0,828	2009	1,959	2009	11,000
Bolívia	2001	1,220	2001		2009	11,000
Brasil	2007	1,720	2007	6,500	2009	24,000
Canadá	2006	1,913	2006	10,048	2008	34,000
Chile	2003	1,090	2003		2009	21,000
Colômbia	2002	1,350	2002		2010	
Costa Rica	2000	1,320	2000		2008	12,000
Cuba	2007	6,399	2007	8,642	2009	59,000
Dinamarca	2007	3,419	2007	14,541	2008	36,000
Dominica	1997	0,500	1997		2009	38,000
El Salvador	2008	1,596	2008	0,405	2009	11,000
Equador	2000	1,480	2000		2008	15,000
Eslováquia	2007	3,000	2008	6,580	2008	66,000
Espanha	2009	3,705	2009	5,157	2008	32,000
Estados Unidos	2004	2,672	2005	9,815	2008	31,000
Finlândia	2008	2,735	2007	15,515	2008	65,000
França	2008	3,497	2009	8,940	2008	71,000
Granada	1998	0,976	1998	3,976	2009	24,000
Grécia	2008	6,043	2008		2008	48,000
Guatemala	1999	0,900	1999		2009	6,000
Guiana	2000	0,480	2000		2007	19,000
Haiti	1998	0,250	1998		2007	13,000
Holanda	2007	3,921	2008	0,148	2008	43,000
Honduras	2000	0,570	2000		2009	8,000
Hungria	2008	3,097	2008	6,332	2008	70,000
Irlanda	2008	3,187	2009	15,671	2007	52,000
Islândia	2008	3,934	2008	16,477	2007	58,000
Itália	2008	4,242	2009	6,516	2008	37,000
Jamaica	2003	0,850	2003		2009	17,000
Japão	2006	2,063	2006	4,143	2008	138,000
Luxemburgo	2007	2,862	2007		2008	56,000
México	2004	2,893	2004	3,980	2008	16,000

(Continua)

(Continuação)

Países	Médicos (densidade/mil hab.)		Enfermeiros (mil hab.)		Leitos (10 mil hab.)	
	Anos	Valores	Anos	Valores	Anos	Valores
Nicarágua	2003	0,370	2003		2008	9,000
Noruega	2008	4,076	2008	14,759	2008	35,000
Nova Zelândia	2007	2,384	2007	10,870	2002	62,000
Panamá	2000	1,500	2000		2009	22,000
Paraguai	2002	1,110	2002		2009	13,000
Peru	2009	0,920	2009	1,271	2009	15,000
Polônia	2008	2,144	2008	5,729	2008	66,000
Portugal	2009	3,755	2009		2008	34,000
Reino Unido	2009	2,739	2009	10,302	2008	34,000
República Tcheca	2008	3,625	2008	8,548	2008	72,000
República da Coreia	2008	1,967	2008	5,289	2008	123,000
República Dominicana	2000	1,880	2000		2009	10,000
Saint Lucia	2002	0,473	2002	2,162	2009	14,000
Saint Kitts e Nevis	2000	1,095	2000	4,714	2009	60,000
Suécia	2006	3,583	2006	11,572	2010	
Suíça	2009	4,070	2009		2010	
Suriname	2000	0,450	2000		2007	31,000
Trinidad e Tobago	2007	1,175	2007	3,562	2008	25,000
Turquia	2008	1,451	2008	1,894	2008	24,000
Uruguai	2008	3,736	2008	5,548	2007	29,000
Venezuela	2001	1,940	2001	1,131	2007	13,000

Fonte: WHO Statistical Information System (Whosis). Disponível em: <<http://apps.who.int/ghodata/?vid=710#>>. Acesso em: 5 out. 2011.

Nota: *National Geographic (area territorial). Disponível em: <<http://www3.nationalgeographic.com/places/directory.html - countries>>.

Obs.: Não foi possível encontrar informação para os valores faltantes na fonte pesquisada.

APÊNDICE B

TABELA B.1

América Latina, Caribe e OCDE: estatística descritiva de indicadores selecionados

Variáveis	Brasil	Observação	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	95% com. interval.	
							Inf.	Sup.
Gasto com saúde <i>per capita</i> (US\$PPP)	943.000	61	2.053.344	1.738.773	71.000	7.410.000	1.608.024	2.498.665
Esperança de vida ao nascer homens	70	61	73,688	4,561	60	80	72,518	74,859
Esperança de vida ao nascer mulheres	77	61	79,197	4,316	63	86	78,091	80,302
População (milhares)	193.734	61	27.388,360	51.291,790	52	314.659	14.251,920	40.524,800
Índice de sobrevivência infantil	57,824	61	178,278	140,868	13,286	499,000	142,200	214,356
Anos de vida recuperados por doenças transmissíveis	80	61	82,918	14,509	28	97	79,202	86,634
Anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis	40	61	33,754	17,077	13	78	29,380	38,128
Anos de vida recuperados por causas externas	76	61	83,295	6,566	62	94	81,613	84,977
Área territorial (km ²)	8.547.403	61	827.679,200	2.231.213	103	9.984.670	256.239	1.399.119
Densidade demográfica (mil hab./km ²)	22,666	61	314,304	786,191	2,768	4.869,824	112,951	515,657
Médicos (densidade/mil hab.)	1,720	61	2,289	1,434	0,170	6,399	1,921	2,656
Enfermeiros (mil hab.)	6,500	38	6,809	4,727	0,148	16,477	5,255	8,362
Leitos (10 mil hab.)	24,000	58	39,069	27,801	6,000	138,000	31,759	46,379

Elaboração dos autores.

APÊNDICE C – BOX-PLOT PARA INDICADORES SELECIONADOS DO BRASIL AMÉRICA LATINA, CARIBE E OCDE

Consideremos um retângulo onde estão representados a mediana e os quartis. A partir do retângulo, para cima, segue uma linha até o ponto mais remoto que não exceda $LS = q_3 + (1,5) * dq$, chamado limite superior, onde dq é a diferença entre o 1º quartil e o 3º quartil. De modo similar, da parte inferior do retângulo, para baixo, segue a linha até o ponto mais remoto que não seja menor do que $LI = q_1 - (1,5) * dq$, chamado de limite inferior. Os valores compreendidos entre esses dois limites são chamados de *outliers moderados* representados nos diagramas como *o*. As observações que estiverem acima do limite superior e abaixo do limite inferior estabelecidos serão representadas por ***. Na prática, esses pontos são chamados de *outliers severos*.

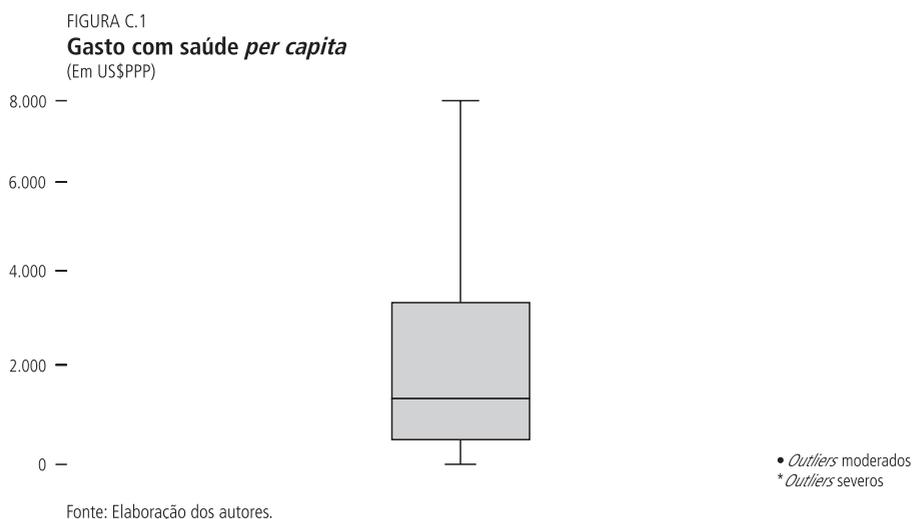


FIGURA C.2
População
(Em milhares)

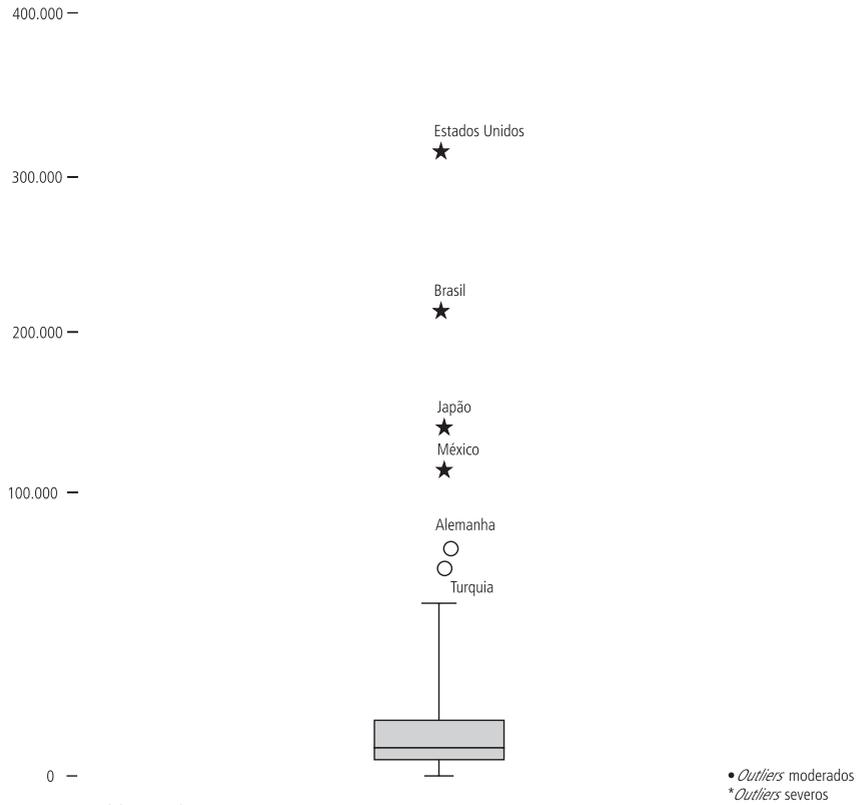


FIGURA C.3
Esperança de vida ao nascer: homens-mulheres

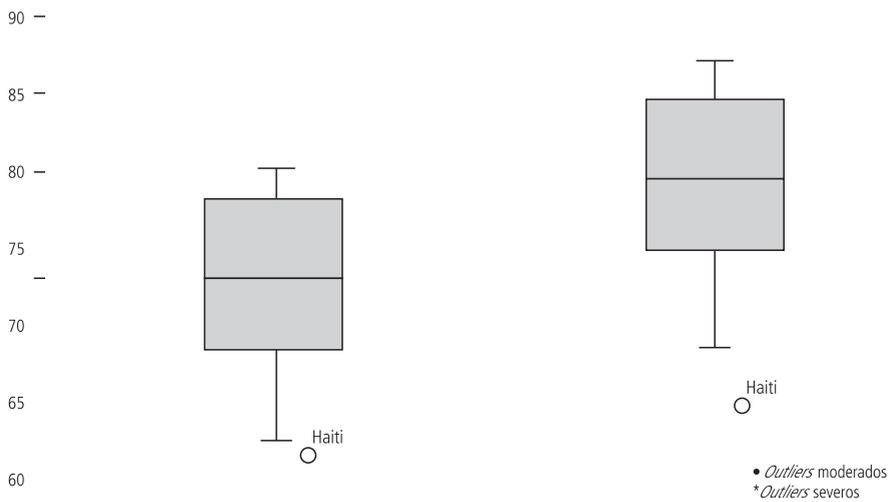
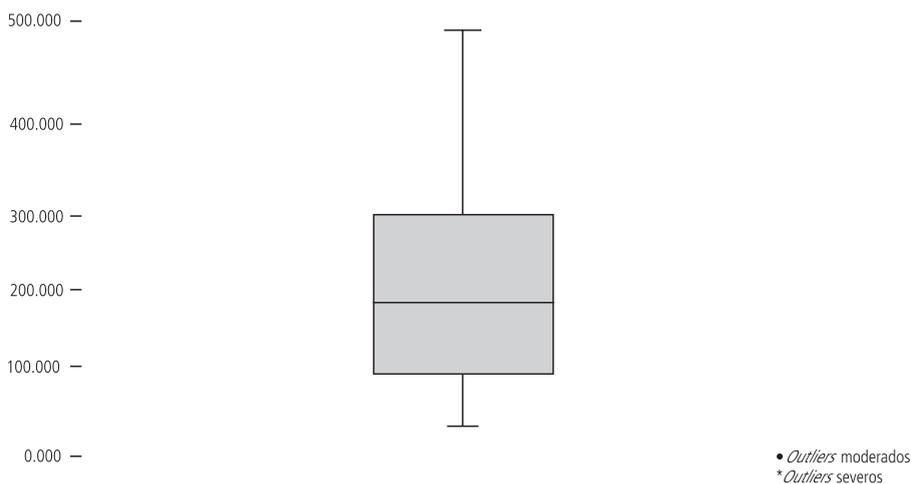
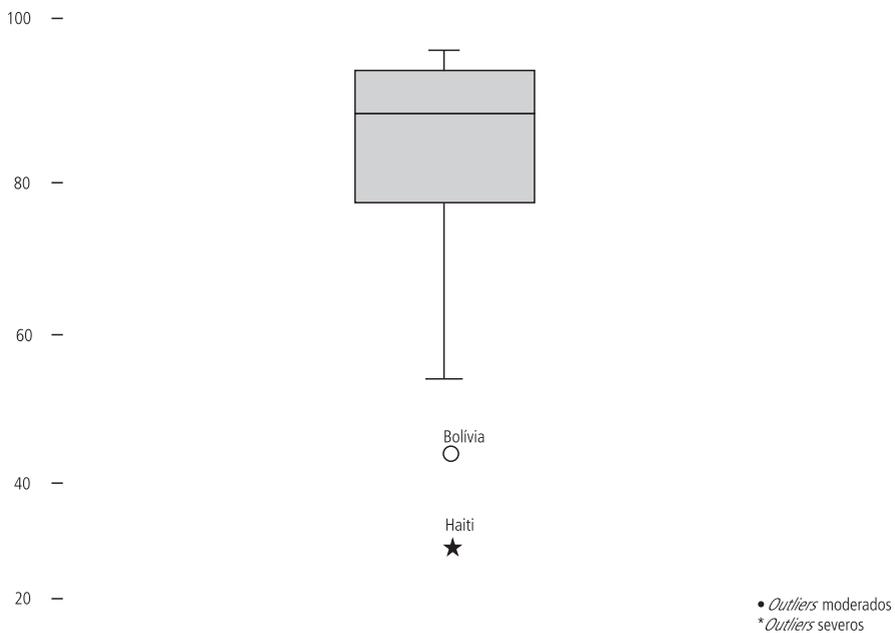


FIGURA C.4
Índice de sobrevivência infantil



Fonte: Elaboração dos autores.

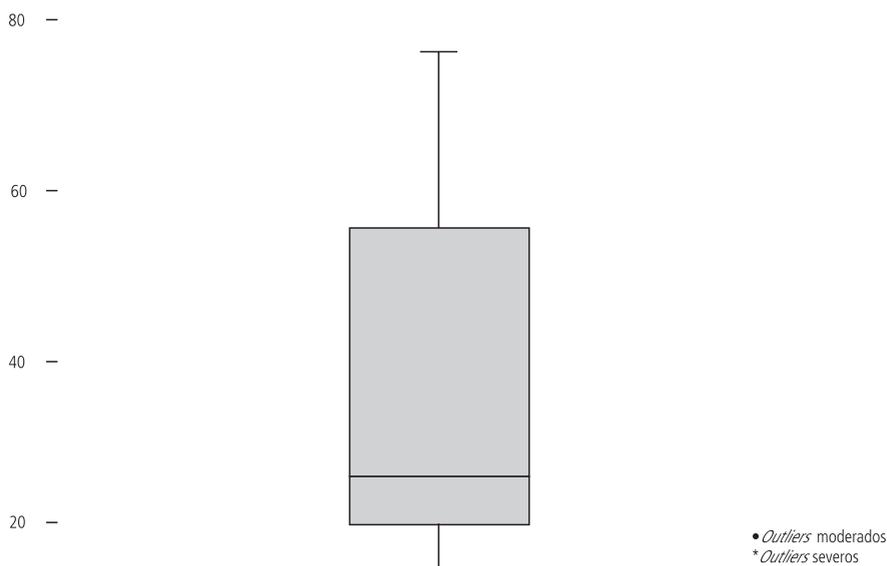
FIGURA C.5
Anos de vida recuperados por doenças transmissíveis



Fonte: Elaboração dos autores.

FIGURA C.6

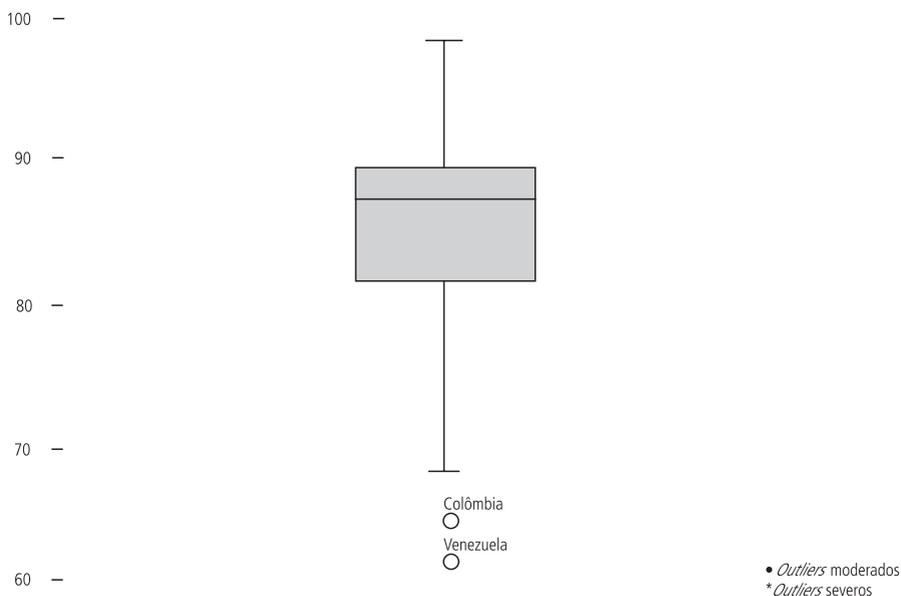
Anos de vida recuperados por doenças não transmissíveis



Fonte: Elaboração dos autores.

FIGURA C.7

Anos de vida recuperados por causas externas



Fonte: Elaboração dos autores.

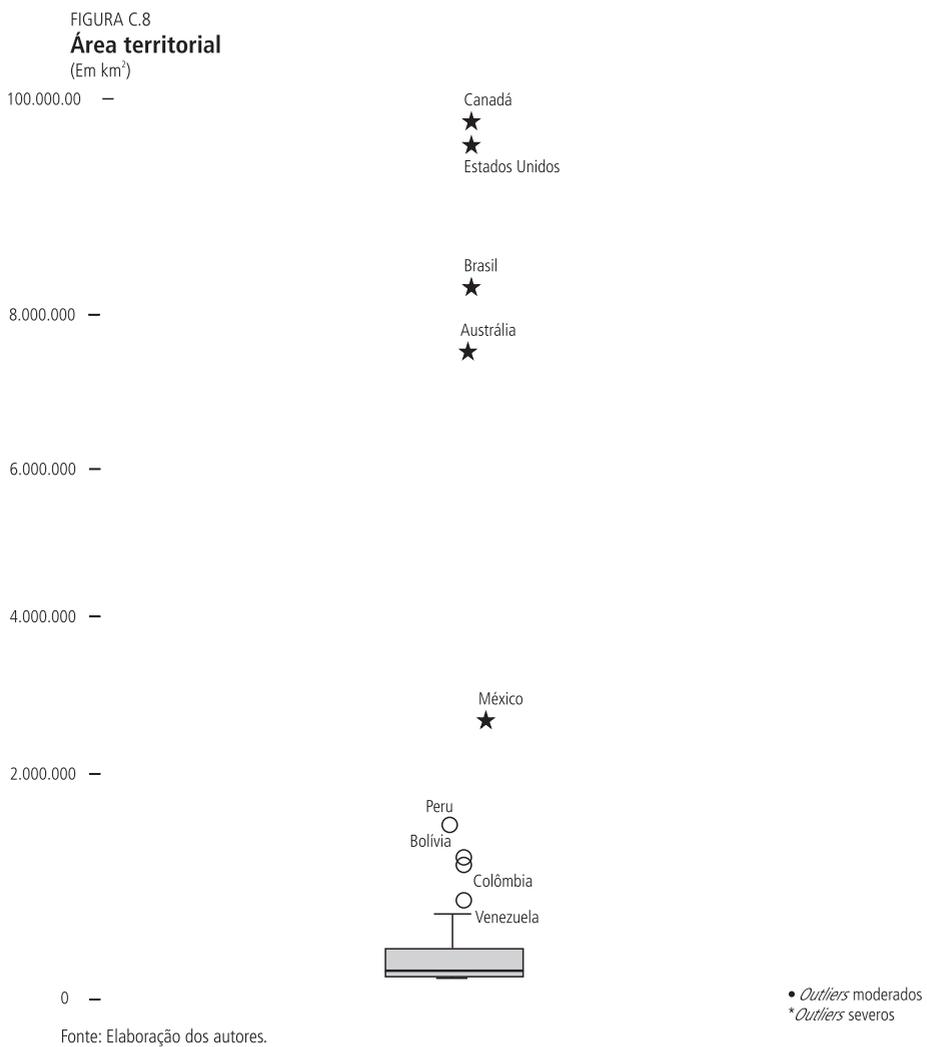


FIGURA C.9
Densidade Demográfica
(1.000 habitantes/km²)

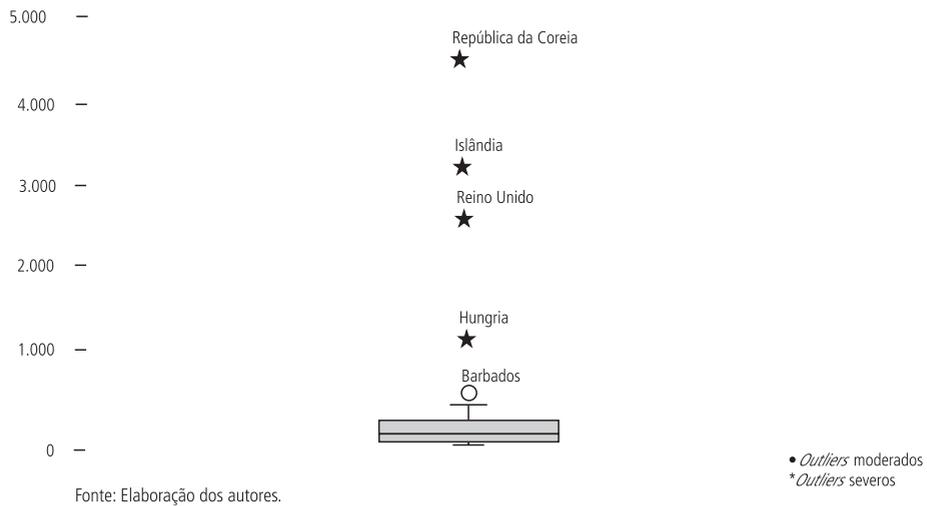


FIGURA C.10
Médicos
(Densidade/mil habitantes)

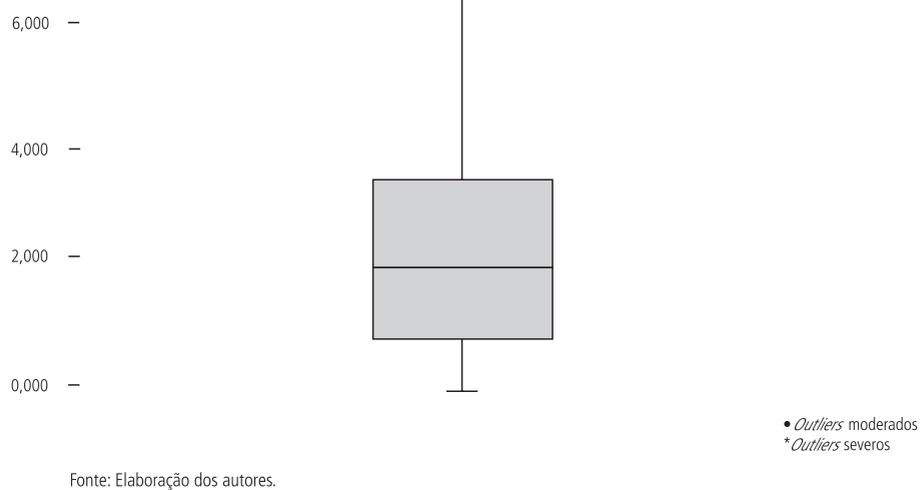
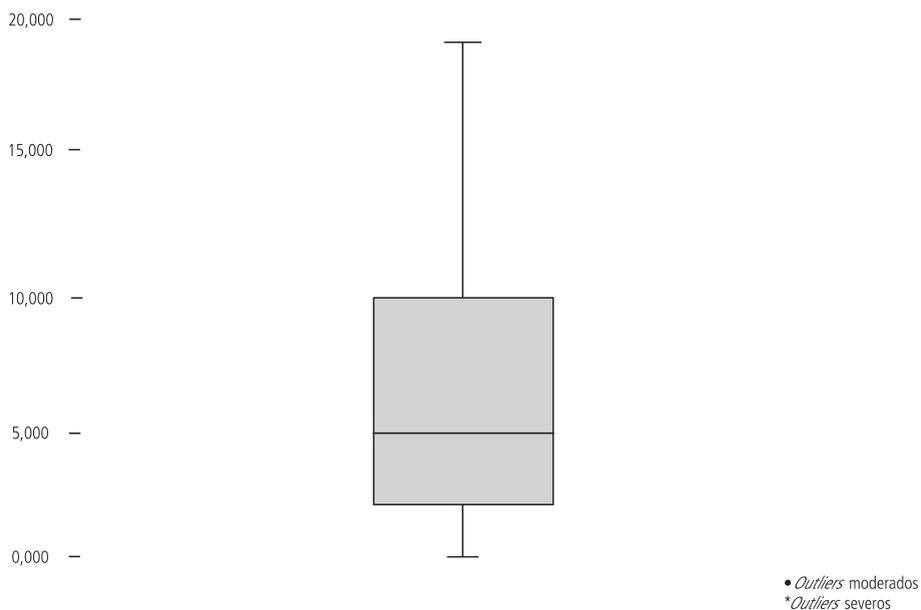
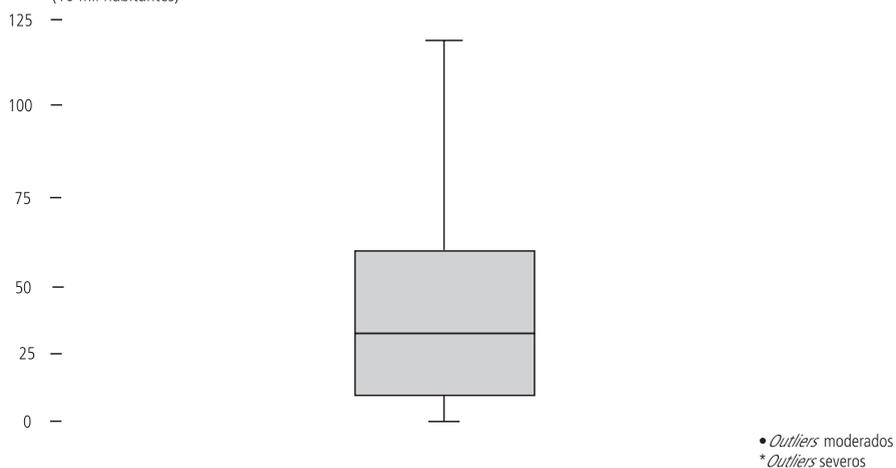


FIGURA C.11
Enfermeiros
(Mil habitantes)



Fonte: Elaboração dos autores.

FIGURA C.12
Leitos
(10 mil habitantes)



Fonte: Elaboração dos autores.

EDITORIAL

Coordenação

Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão

Andrea Bossle de Abreu

Revisão

Cristina Celia Alcantara Possidente

Eliezer Moreira

Elisabete de Carvalho Soares

Lucia Duarte Moreira

Luciana Nogueira Duarte

Míriam Nunes da Fonseca

Editoração eletrônica

Roberto das Chagas Campos

Aeromilson Mesquita

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Carlos Henrique Santos Vianna

Maria Hosana Carneiro Cunha

Capa

Luís Cláudio Cardoso da Silva

Projeto Gráfico

Renato Rodrigues Bueno

Livraria do Ipea

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo.

70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 3315-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Composto em Adobe Garamond Pro 12/16 (texto)
Frutiger 67 Bold Condensed (títulos, gráficos e tabelas)
Impresso em offset 90g/m²
Cartão supremo 250g/m² (capa)
Rio de Janeiro-RJ

Missão do Ipea

Produzir, articular e disseminar conhecimento para aperfeiçoar as políticas públicas e contribuir para o planejamento do desenvolvimento brasileiro.

