



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

AVALIAÇÃO MULTI-CRITÉRIO DO DESEMPENHO DO SUS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Bernardo Rodrigues Mutti

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador:

Prof. Lino Marujo

Rio de Janeiro

Agosto 2013

AVALIAÇÃO MULTI-CRITÉRIO DO DESEMPENHO DO SUS NO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO

Bernardo Rodrigues Mutti

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO
DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Lino Guimarães Marujo, D.Sc. (Orientador)

Prof^ª. Thereza Cristina Nogueira de Aquino, D.Sc.

Prof. Valdir Agostinho de Melo, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO de 2013

Mutti, Bernardo Rodrigues

Avaliação Multi-Critério Do Desempenho Do SUS No Estado Do Rio De Janeiro
/ Bernardo Rodrigues Mutti – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

X, 53 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Prof. Lino Marujo (D.Sc.)

Projeto de Graduação – UFRJ / Escola Politécnica /

Curso de Engenharia de Produção, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 50-52.

1 – Análise Envoltória de Dados, 2 – Indicadores de Desempenho, 3 –
SUS, 4 – Modelagem, 5 – *Framework*

I. Marujo, Lino. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola
Politécnica, Curso de Engenharia de Produção. III. Avaliação Multi-
Critério Do Desempenho Do SUS No Estado Do Rio De Janeiro

“Não há caminho fácil para as estrelas”

(SENECA)

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, à minha família. À minha mãe Marcia, minha melhor amiga e incentivadora ao longo de toda vida, e ao meu pai Telmo, certamente o maior homem que jamais irei conhecer e meu grande exemplo para o que quero me tornar. Se sempre tive a oportunidade de ir longe, foi graças ao esforço de meus pais em me proporcionar o melhor, e isso é algo que sempre levarei comigo. Agradeço ainda ao meu irmão Pedro, meu sempre fiel amigo e escudeiro, e a todos os demais familiares, espalhados do Rio de Janeiro a Porto Alegre, em especial às minhas primas-irmãs Mariana e Marcela, à minha dinda e segunda mãe Martinha e à minha tia e médica particular Maris.

A todos os amigos de infância e do grupo que se formou no meu primeiro colégio, Garriga de Menezes, com menção especial aos integrantes da Tartaruga: Caio, Pedro, Fernando, Eduardo e Guilherme - verdadeiros irmãos que escolhi. Passei muitos dos melhores momentos da minha vida ao lado desses caras, de modo que qualquer vitória deles me satisfaz como se fosse minha, e minhas vitórias também são deles.

Aos amigos que fiz na UFRJ, especialmente àqueles da família PES. Sem vocês, tudo o que estes últimos cinco anos representaram não teria sido a mesma coisa. Se vivi momentos inesquecíveis na faculdade, muito se deve a vocês.

Ao Instituto Coppead de Administração da UFRJ e aos seus professores e funcionários, pelo enorme aprendizado ao longo de praticamente dois anos de estágio, inclusive fornecendo a ideia para a elaboração deste projeto.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro e a todos os professores e funcionários que de alguma forma contribuíram para a minha formação, em especial ao corpo docente do Departamento de Engenharia Industrial, com menção ao meu orientador, professor Lino Guimarães Marujo, que se mostrou um autêntico camarada ao longo da elaboração deste trabalho e me forneceu sempre os direcionamentos certos para que a ideia do projeto se concretizasse.

Por fim, agradeço a Deus. Minha fé é um dos pilares que me mantiveram de pé ao longo desses cinco anos, e sem Ele não teria conseguido. Meu velho companheiro e minha fortaleza. Aquele que me guarda e capacita minhas mãos para as batalhas. Hoje, posso dizer que combati o bom combate e encerrei esta etapa da minha jornada.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

Avaliação Multi-Critério Do Desempenho Do SUS No Estado Do Rio De Janeiro

Bernardo Rodrigues Mutti

Agosto/2013

Orientador: Prof. Lino Guimarães Marujo (D.Sc.)

Curso: Engenharia de Produção

Este projeto tem por objetivo promover uma avaliação multi-critério do desempenho do Sistema Único de Saúde do Estado do Rio de Janeiro (SUS-RJ), por meio do método de Análise Envoltória de Dados (do inglês, *Data Envelopment Analysis* - DEA). O estudo inicia com uma contextualização do setor de saúde no Brasil, elucidando a situação deste segmento da infra-estrutura do país e do Estado do Rio de Janeiro nos últimos anos, além da apresentação de metodologias e indicadores utilizados neste período para o monitoramento e avaliação dos serviços do setor. Em seguida, é realizada uma descrição da metodologia de DEA e uma breve revisão dos estudos referentes às aplicações de DEA na área da saúde. Posteriormente, tem-se a representação do caso do SUS-RJ através de um modelo de DEA, com variáveis de entrada (insumos) e saída (produtos), e o detalhamento da ferramenta e do framework utilizados para a execução do modelo. Por fim, tem-se a apresentação e análise dos resultados obtidos sob a luz da engenharia de produção, concluindo o trabalho com os pontos de discussão gerados a partir da interpretação dos resultados.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados, Indicadores de Desempenho, SUS, Modelagem, *Framework*

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

Multi-Criteria Evaluation Of The Performance Of SUS In Rio De Janeiro

Bernardo Rodrigues Mutti

August/2013

Advisor: Prof. Lino Guimarães Marujo (D.Sc.)

Course: Industrial Engineering

The aim of this graduation project is to promote a multi-criteria evaluation of the performance of the Unique Health System of the State of Rio de Janeiro (SUS-RJ), by using the method of Data Envelopment Analysis – DEA. The study begins with an overview of the health sector in Brazil, explaining the situation of this segment of the country's infrastructure in recent years, mainly in Rio de Janeiro, and presents some of the methodologies and indicators used for the monitoring and evaluation of the services in this sector. Afterwards, there is a description of the DEA methodology and a brief review of the studies on the applications of DEA in health. Subsequently, the case of SUS-RJ is represented as a DEA model, with input and output variables, and there is a description of the software and the framework used to implement the model. Finally, there are the presentation and analysis of the results in the light of industrial engineering concepts, concluding the project with the discussion of some representative points brought by the interpretation of these results.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Performance Indicators, SUS, Modelling, Framework

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
Contextualização do sistema de saúde no Brasil	1
Objetivos do estudo	9
2. METODOLOGIA	11
Introdução à metodologia DEA	11
Aplicações da metodologia DEA ao setor de saúde	19
3. MODELAGEM DO PROBLEMA	22
Introdução ao software R	22
O modelo proposto.....	25
Framework de DEA em R	30
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	40
5. CONCLUSÃO	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS	53

1. INTRODUÇÃO

Contextualização do sistema de saúde no Brasil

Monitorar e avaliar o desempenho das políticas públicas é uma das funções essenciais do Estado moderno, não só para prestar contas à população sobre como usar os impostos arrecadados dos contribuintes, mas também para saber como e onde aplicar os recursos (MEDICI, 2012). A preocupação com a racionalização do gasto público e a obtenção de níveis superiores de eficiência na alocação de recursos é de suma importância e, em países pobres ou em desenvolvimento, como o Brasil, a questão da mensuração da eficiência do setor de saúde torna-se ainda mais fundamental. Segundo Marinho e Façanha (2000), mesmo em países com níveis de desenvolvimento social e econômico bastante superiores aos nossos, não é mais aceitável atender aos acréscimos da demanda social por serviços de saúde através do expediente de “meramente colocar mais recursos no setor de saúde através do financiamento por mais impostos” (FARE *et al.*, 1994). Na Suécia, por exemplo, segundo enunciam os mesmos autores, é cada vez maior a atenção na eficiência dos serviços de saúde, considerando-se seriamente as possibilidades de melhorar a utilização dos recursos existentes e de aumentar a produtividade.

Com isso, no sentido de mensurar e classificar o desempenho de políticas governamentais em geral, a divulgação de índices ou metodologias constitui uma das ferramentas básicas que podem ser utilizadas para identificar necessidades, estabelecer prioridades e alocar de melhor forma os recursos públicos. Todos deveriam ser a favor deste tipo de esforço, pois aumenta a transparência e melhora o funcionamento da máquina pública. No entanto, ao menos dois pré-requisitos devem ser cumpridos para a produção de informações, cálculo e divulgação de índices de desempenho: a) a busca de consistência técnica e metodológica; e b) a busca de consenso técnico quanto à metodologia e variáveis consideradas no cálculo do índice entre acadêmicos que fazem suas próprias avaliações e autoridades que trabalham nas esferas de governo que são objeto da avaliação (MEDICI, 2012).

De acordo com o relatório Índice de Desempenho do Sistema Único de Saúde (2011), as políticas públicas, no Brasil, têm caminhado para a aplicação e a validação de

indicadores aptos a avaliarem a qualidade, seja na área da educação, do meio ambiente, da economia ou mesmo na área social. Contudo, vale ressaltar que a qualidade deve ser considerada como um conceito dinâmico a ser constantemente reconstruído. Desta forma, analisar a qualidade da saúde no Brasil requer a adoção de uma metodologia dinâmica, que abranja os diversos aspectos, objetos e objetivos do que se entende como qualidade e que possa ser reconstruída de acordo com a evolução das enfermidades, tecnologias e serviços ofertados pelo Sistema Único de Saúde (SUS), de suas correspondentes bases de dados e, o mais importante, com o que se toma como necessidade e como direito à saúde, conceitos também sociais e históricos.

Tem-se um bom exemplo no trabalho desenvolvido pelo Ministério da Educação, que selecionou indicadores para a criação de um índice apto a auxiliar a comunidade escolar a avaliar e melhorar a qualidade das escolas e da rede de ensino brasileira. Ao compreender seus pontos fortes e fracos, a escola tem condições de intervir para melhorar a qualidade do seu ensino, conforme seus próprios critérios e prioridades (MEC, 2007). De forma análoga, só que voltada para a saúde e para o bem-estar da população brasileira, a busca de indicadores de desempenho do SUS apresenta objetivos e finalidades semelhantes.

O interesse em torno da avaliação e monitoramento de políticas e programas sociais tem se intensificado a partir da década de 1990. Na área da saúde, essa discussão tomou corpo no ano 2000 com o lançamento do *World Health Report – Health Systems: Improving Performance* (WHR 2000), cuja principal inovação foi tratar da questão da avaliação de desempenho dos Sistemas de Saúde (SSs). Especificamente para este fim, segundo o relatório PROADESS (2012), um grupo de técnicos da Organização Mundial de Saúde (OMS) criou uma metodologia que envolveu a formulação de novos indicadores para essa avaliação que, por sua vez, permitiram a construção de um indicador composto, denominado *Overall Health System Performance Indicator*. Com base neste, foram comparados os SSs dos 191 países membros da OMS, e, a partir dessa comparação, elaborou-se um ranking desses últimos. A publicação do WHR 2000 provocou grande impacto positivo ao propor um quadro conceitual para avaliar o referido desempenho, apresentando importantes inovações na métrica de saúde ao nível mundial. Contudo, o documento suscitou reação crítica por parte da comunidade científica internacional, dadas as fragilidades conceituais e metodológicas da proposta e dos indicadores elaborados. Além disso, foram questionadas não só as técnicas de coleta

e a análise das informações utilizadas, mas também a falta de transparência na condução do processo de formulação da metodologia de avaliação (McPAKE E MILLS, 2000; NAVARRO, 2000; ALMEIDA *et al.*, 2001). De acordo com Medici (2012), isto fez com que o índice fosse rechaçado por muitos meios acadêmicos e Ministérios da Saúde em todos os continentes, incluindo no Brasil, onde foi reforçada a necessidade de se avaliar o desempenho do SUS.

Ainda de acordo com o relatório PROADESS (2012), no caso do sistema de saúde brasileiro, a reforma do setor empreendida ao longo das duas últimas décadas – no bojo das políticas de ajuste macroeconômico e focada na contenção de custos e na busca de maior eficiência – não logrou o êxito esperado. Pelo contrário, em muitos casos, tal reforma provocou um retrocesso no que se refere aos resultados alcançados, uma vez que acarretou um aumento do peso das desigualdades sociais no acesso aos serviços de saúde. Atualmente, a *Commission on the Social Determinants of Health* (CSDH), da OMS, recomenda que os sistemas de saúde se pautem pelo caráter redistributivo e pela busca de cobertura universal, financiamento público, gratuidade por meio de serviços públicos e integralidade. O papel do setor privado deve ser apenas o de complementar, de forma equitativa e transparente, a atenção provida pelo setor público (GILSON, DOHERTY *et al.*, 2007). No mesmo documento, a CSDH reconhece que os sistemas de saúde de países com rendas baixa e média apresentam melhores resultados quando organizados em torno da atenção primária. É igualmente salientado que, nos países mais ricos, este modelo de atenção é mais adequado quando organizado com foco na família e na comunidade, e quando desenvolve mecanismos individuais e coletivos de participação em saúde e ações intersetoriais.

No texto constitucional de 1988, a sociedade brasileira optou pela conformação de um sistema de saúde de acesso universal e gratuito a uma cesta integral de serviços. Optou, portanto, por um sistema nacional de saúde nos moldes do sistema Beveridgeano, inspirado no sistema nacional de saúde inglês. Entretanto, naquela época, já existia um robusto setor privado, constituído por prestadores de serviços (principalmente hospitalares), bem como por seguradoras e operadoras de planos de saúde. Esses segmentos foram francamente propulsionados pelo Estado durante os anos 1970, na vigência do regime militar, mediante três mecanismos principais: a) a ampliação do parque hospitalar privado com recursos públicos e financiamento subsidiado, através do Fundo de Apoio ao Desenvolvimento Social (FAS), em detrimento da construção de

hospitais públicos; b) a compra de serviços de uma rede credenciada de instituições privadas; e c) a criação do chamado “convênio–empresa”, por meio do qual o Instituto Nacional de Previdência Social (INPS) fornecia um subsídio aos empregadores para a contratação de empresas de medicina de grupo (TEIXEIRA E OLIVEIRA, 1986).

Dessa forma, o atual sistema de saúde brasileiro, concebido em 1988 como sistema nacional de saúde, apresenta uma estrutura moldada na participação do setor público e do setor privado, em franca continuidade em relação ao modelo anterior. Assim, apesar de constitucionalmente definido com objetivos de acesso universal e integral, o sistema apresenta uma estrutura de gastos que em nada se assemelha às dos sistemas nacionais de saúde de cunho welfariano, financiados fundamentalmente com recursos públicos; de fato, aproxima-se do padrão estadunidense, tido como sistema típico do modelo liberal de sistemas de saúde (UGÁ E SANTOS, 2006). Levando em consideração os compromissos de universalidade e integralidade do acesso à atenção à saúde que norteia o SUS, a participação do gasto público no sistema de saúde brasileiro é insuficiente. Soma-se a isso o fato de que o financiamento do SUS tem sido afetado por fatores extrassetoriais vinculados, fundamentalmente, às políticas de ajuste macroeconômico. Na medida em que metade do gasto público foi vinculada ao pagamento das despesas com juros, encargos e amortização das dívidas interna e externa, houve uma contração substancial da parcela desse gasto que poderia se destinar ao financiamento de políticas sociais (UGÁ E MARQUES, 2005).

O financiamento do SUS teve uma considerável recuperação a partir da implementação da Emenda Constitucional Nº 29, de 2000. A melhoria se deu, basicamente, mediante maior participação das esferas subnacionais de governo, principalmente a dos municípios, que respondem por 26% dos recursos do SUS, e também mediante o resgate do protagonismo dos estados, que hoje contribuem com 23% do financiamento desse sistema (UGÁ E PORTO, 2008). Esse aporte de recursos, associado à mudança no modelo que passou a fortalecer a atenção primária, ainda que tenha favorecido a ampliação do acesso aos serviços de saúde, especialmente pelas populações de menor poder aquisitivo, foi insuficiente para reduzir as enormes desigualdades relativas ao acesso e à utilização de serviços de saúde (TRAVASSOS, OLIVEIRA E VIACAVA, 2006).

Dada esta contextualização do sistema de saúde brasileiro, será possível perceber que o país passou a contar, a partir dos anos 2000, com iniciativas no sentido de estabelecer um monitoramento e avaliação do desempenho das políticas públicas voltadas para área da saúde.

O relatório Índice de Desempenho do Sistema Único de Saúde (2011) afirma que, em 2001, a partir de uma análise crítica do WHS 2000 e embasada em uma proposta canadense feita sob a ótica da equidade, uma rede brasileira de pesquisadores do campo da saúde coletiva elaborou uma nova metodologia de avaliação para o sistema brasileiro. O resultado desse trabalho foi o Projeto Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação do Desempenho do Sistema de Saúde Brasileiro (PROADESS), um modelo avaliativo baseado em quatro dimensões: a) as condições de saúde; b) os determinantes não-médicos da saúde (sociais, biológicos e comportamentais); c) o desempenho do sistema de saúde; e d) as características da comunidade e desse sistema (WOLFSON E ALVAREZ, 2002). Segundo o relatório PROADESS (2012), de acordo com esse projeto, o foco da avaliação incide sobre o desempenho dos serviços de saúde que, por sua vez, depende da estrutura do sistema, cuja arquitetura e cujo funcionamento devem ser capazes de garantir o atendimento às necessidades de saúde, reconhecendo que elas são, em grande parte, decorrentes de determinantes sociais, políticos e econômicos. Para o caso brasileiro, além dessas dimensões e da transversalidade da questão da equidade, esta inclusão da estrutura do sistema de saúde, que compreende sua condução, seu financiamento e seus recursos humanos e materiais, também foi julgada importante. Diferentemente do modelo canadense, no entanto, no PROADESS, tanto o arcabouço político, social e econômico como a conformação do sistema não configuram dimensões, mas, sim, condicionantes fundamentais que permeiam todo o funcionamento do SS. Assim, ambos adquirem caráter contextual no processo de avaliação do desempenho desse sistema.

Diante deste cenário, o relatório Índice de Desempenho do Sistema Único de Saúde (2011) afirma que, desde o início da gestão 2011-2014, no intuito de desenvolver uma Política de Monitoramento e Avaliação para o Sistema Único de Saúde, a Secretaria-Executiva do Ministério da Saúde (MS), por intermédio de seu Departamento de Monitoramento e Avaliação do SUS (Demas), vem caminhando para constituir o Sistema de Monitoramento e Avaliação para a Qualificação do SUS, que têm como pressupostos:

- A construção do enfoque avaliativo na construção e efetivação de políticas públicas, com a implementação de processos de monitoramento e avaliação destas;
- Que esse foco avaliativo esteja em consonância e imbricado com a definição da política pública, com seu planejamento e orçamentação;
- Que o monitoramento e a avaliação, embora faces de um mesmo processo, têm especificidades. Ao monitoramento cabe acompanhar todo o processo de implementação de um plano e conseqüentemente de seus produtos, possibilitando alertas ou identificação de problemas para correções. À avaliação cabe apreciar, analisar e julgar a eficiência, a eficácia e efetividade da política pública implementada e conseqüentemente seus impactos. E ambos, subsidiando os processos de decisão e gestão da política pública.

Dessa forma, o Sistema de Monitoramento e Avaliação para a Qualificação do SUS está sendo delineado para conter, entre outros, o chamado Índice de Desempenho do SUS (IDSUS). Este índice, desenvolvido em 2012 pelo Ministério da Saúde, corresponde a uma ferramenta que tem por objetivo a avaliação, a cada três anos, do acesso e da qualidade dos serviços de saúde no país sob a ótica: a) do desempenho do SUS nos municípios, regionais de saúde, estados, regiões brasileiras e no Brasil, quanto ao cumprimento de seus princípios e diretrizes; b) do acesso e efetividade nos diferentes níveis de atenção: básica, especializada ambulatorial e hospitalar e urgências e emergências; c) que detecte deficiências, visando melhorias; d) expressa por meio de indicadores simples e compostos; e) atrelada ao pacto de compromissos entre as esferas de gestão do SUS. Basicamente, trata-se, portanto, de um indicador síntese que faz uma aferição contextualizada do desempenho do SUS quanto às dimensões de acesso e à efetividade da atenção básica, realizada no município, e a atenção especializada ambulatorial e hospitalar e urgências e emergências, realizadas tanto no próprio município, quanto nas cidades pólos de uma região, de um estado ou nacional.

A partir da análise e do cruzamento de um total de 24 indicadores simples e compostos (de população, perfil socioeconômico, mortalidade infantil, entre outros), sendo 14 que avaliam o acesso (capacidade do sistema de saúde em garantir o cuidado necessário à população em tempo oportuno e com recursos adequados) e outros 10 para medir a efetividade dos serviços (se o serviço foi prestado adequadamente), o índice pondera as notas para ambas as dimensões com uma pontuação de 0 a 10, avaliando municípios, regiões, estados e o país como um todo. É importante destacar

que, em função da grande diversidade (demográfica, cultural, socioeconômica, geográfica, etc.) dos territórios do nosso país, não seria adequado realizar uma classificação que apenas posicionasse, em ordem crescente ou decrescente, os municípios brasileiros. Assim, para realizar uma avaliação mais justa, a análise comparativa das notas do IDSUS é realizada por meio dos chamados Grupos Homogêneos, isto é, grupos que apresentam características similares entre si, permitindo traçar um paralelo comparativo de forma mais sólida. Estas características dividem-se em: a) municípios que apresentam melhor infra-estrutura e condições de atendimento à população; b) municípios que possuem pouca estrutura de média e alta complexidade; e c) municípios que não possuem estrutura para atendimentos especializados.

Desse modo, o índice avaliou, entre 2008 e 2010, os diferentes níveis de atenção (básica, especializada ambulatorial e hospitalar e de urgência e emergência), verificando a situação da infra-estrutura de saúde para atender as pessoas e se os serviços ofertados têm capacidade de dar as melhores respostas aos problemas de saúde da população, além de oferecer uma visão aproximada do SUS (mais que um ranking e menos que uma explicação exaustiva), permitindo instaurar práticas de avaliação e monitoramento para identificar os principais problemas do sistema e, principalmente, para repor a necessidade de pactos entre os gestores federal, estaduais e municipais, com metas e compromissos para a contínua construção de um SUS que responda mais aos direitos de cidadania e de saúde do povo brasileiro.

De acordo com o índice, o Brasil possui IDSUS equivalente a 5,47. No caso do Rio de Janeiro, objeto de análise deste estudo, o Estado obteve a terceira pior posição na classificação nacional, enquanto o município do Rio de Janeiro obteve a pior situação entre os municípios das capitais, com uma pontuação de 4,33, permanecendo atrás de outras capitais, como Belém, Maceió e Brasília. Segundo Medici (2012), esta realidade, no entanto, deve ser interpretada do ponto de vista das condições históricas do Estado e do município. Este último, abrangendo 50% da população do Estado, apresentava uma forte participação de cobertura de planos de saúde entre sua população (mais de 50%) e uma baixa taxa de cobertura dos programas de atenção básica (em torno de 6% ao redor de 2008), o que o levava a uma situação bastante peculiar. Sem a existência de serviços de média complexidade de 24 horas de atenção, a população era obrigada a formar imensas filas nas emergências dos hospitais municipais, estaduais e federais que não

tinham condições de atender adequadamente a demanda. Os serviços de saúde não se estabeleciam nas comunidades de baixa renda, dados os problemas de segurança que impediam não apenas os profissionais de saúde a frequentarem ou se estabelecerem perto das mesmas, como também a população de descer ao asfalto para procurar por estes serviços.

Nos últimos anos, porém, o município passou a enfrentar esta situação de uma forma bastante eficiente e expedita. A Secretaria Municipal de Saúde criou um modelo arrojado de Clínicas de Família, que potencializa a atenção do Programa de Saúde da Família (PSF), elevando a cobertura da atenção básica para algo ao redor de 27% da população em dezembro de 2011. Esta estratégia foi complementada com a criação de diversas Unidades de Pronto Atendimento 24 horas (UPAs) em diversas localidades pobres do município, facilitando o acesso aos serviços de emergência e média complexidade e ao mesmo tempo racionalizando a porta de entrada para a alta complexidade (MEDICI, 2012).

A Secretaria Estadual de Saúde, por sua vez, também estabeleceu UPAs em vários locais da região metropolitana e do interior do Estado e criou um programa de apoio aos hospitais do interior (PAHI) que permite racionalizar o uso e aumentar a cobertura e referência dos pequenos hospitais dos municípios do interior, fazendo com que os mesmos se integrem, ou com hospitais regionais de referência, ou com as redes de atenção básica existentes nos municípios (MEDICI, 2012).

A Secretaria de Segurança do Estado, por sua vez, implementou um processo de pacificação nas comunidades de baixa renda do Rio de Janeiro, criando as chamadas Unidades de Polícia Pacificadora (UPPs), que conferem maior segurança para a população local e tranquilidade para descer ao asfalto e utilizar as Clínicas de Família ou UPAs que estão próximas às suas circunvizinhanças (MEDICI, 2012).

Estes fatos, dado que ocorreram nos últimos dois anos, não se refletem nos indicadores do IDSUS que retratam a situação existente em 2008. Portanto, em que pese que os indicadores do Estado e do município ainda podem ser melhorados, o esforço empreendido pelos governos do Estado e município não está diretamente refletido no indicador (MEDICI, 2012).

Objetivos do estudo

Tendo contextualizado o sistema de saúde brasileiro e, a partir de um histórico mais recente, o sistema de saúde do Estado do Rio de Janeiro, o objetivo deste estudo é utilizar o método de Análise Envoltória de Dados (do inglês, *Data Envelopment Analysis* - DEA) para promover uma avaliação do desempenho deste segmentada infra-estrutura estadual.

Para alcançar este objetivo, o estudo visa obter, por meio de revisão do referencial bibliográfico teórico presente na literatura sobre o tema, além de pesquisa na Internet em sites relacionados ao assunto, as informações necessárias para a construção da base de dados a ser utilizada e para a elaboração do modelo a ser proposto para a análise. Esta base de dados será constituída, basicamente, por estatísticas referentes à operação do setor de saúde no âmbito do Estado do Rio de Janeiro, notadamente o Sistema Único de Saúde estadual, contendo as variáveis representativas dos insumos (inputs) e produtos (outputs) para a execução da DEA e interpretação dos resultados. Vale ressaltar, no entanto, que esta base de dados será refinada segundo alguns critérios, como, por exemplo, os indicadores que são de fato relevantes, a quantidade de estatísticas divulgadas e o período de tempo considerado para a análise. Esta etapa é particularmente importante, pois se espera que, a partir desta filtragem de dados, seja possível atingir uma amostra plausível para execução da DEA de forma mais robusta, além de delimitar algumas das restrições do estudo.

Após esta etapa preparatória, o estudo tem por objetivo reunir os resultados fornecidos pelo modelo de DEA e promover a análise dos mesmos sob a luz da engenharia de produção. Com isso, espera-se que seja possível a identificação de relações entre as variáveis analisadas, especificamente entre os insumos envolvidos e os outputs produzidos. Adicionalmente, esta análise dos resultados tem por objetivo identificar possíveis gargalos nas atividades do setor de saúde, bem como a existência de *gaps* nestas operações, isto é, quais atividades operam em seu limite de capacidade e quais aquelas que apresentam uma folga para expansão desta capacidade e, conseqüentemente, atuação da operação em um nível superior. É importante lembrar que qualquer expansão de capacidade não ocorre sem custo, seja ele financeiro ou de recursos dedicados, de modo que estes custos também deverão ser considerados para elucidar a real viabilidade das proposições de melhorias das operações.

Em suma, este estudo apresenta e desenvolve uma metodologia alternativa às explanadas nesta introdução até então, baseada na Análise Envoltória de Dados, para a avaliação comparativa do desempenho e eficiência de um sistema de saúde, especificamente o Sistema Único de Saúde do Estado do Rio de Janeiro, contemplando, para a análise, um total de 92 municípios. Em linhas gerais, portanto, este trabalho espera fornecer caminhos para a discussão dos resultados de um modelo de DEA e como estes resultados podem ser interpretados de modo a permitir ao analista identificar oportunidades de melhorias para contornar os problemas encontrados nas unidades ineficientes e elevar o desempenho de sua operação como um todo.

2. METODOLOGIA

Introdução à metodologia DEA

A metodologia utilizada para avaliar o desempenho e a eficiência foi a técnica de Análise Envoltória de Dados. O método DEA, apresentado por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, consiste em uma metodologia não paramétrica para a mensuração comparativa da eficiência das chamadas unidades tomadoras de decisão (do inglês, *Decision Making Units* – DMU), com base nas melhores práticas, ou *benchmarking*.

A medida de produtividade e eficiência em DEA, gerada por meio de programação linear, é obtida por comparação destas unidades tomadoras de decisão, que apresentam múltiplos inputs e outputs, diferenciando-se unicamente nas quantidades consumidas e produzidas dos mesmos. A medida de eficiência em DEA é, portanto, relativa, e uma DMU será eficiente se, comparativamente às demais, apresentar maior produção para quantidades fixas de recursos (DEA orientada a output) e/ou utilizar menos recursos para gerar uma quantidade fixa de produtos (DEA orientada a input). Dessa forma, ao definir a(s) DMU(s) com as melhores práticas, a DEA constrói uma fronteira de produção empírica, e o grau de eficiência varia de 0,00 a 1,00 (ou de 0% a 100%), dependendo da distância da respectiva unidade à fronteira de eficiência (LOBO, LINS *et al.*, 2010). É importante lembrar ainda que, para que as unidades sejam consideradas eficientes, aplica-se a lógica de Pareto-Koopmans, na qual uma unidade situada na fronteira somente será eficiente se: não for possível reduzir nenhum input sem que se tenha que aumentar simultaneamente outro input ou reduzir algum output; e não for possível aumentar qualquer output sem que se tenha que reduzir simultaneamente outro output ou aumentar algum input. Em outras palavras, uma DMU de máxima eficiência, mas localizada na região chamada Pareto-ineficiente, possui eficiência técnica ou fraca, o que faz com que ela ainda apresente potencial para redução da utilização de insumos (chamada folga de capacidade) ou para o aumento dos produtos (chamada folga de produção). Somente a projeção em região Pareto-eficiente conforma essa eficiência máxima da unidade (LOBO, LINS *et al.*, 2010; LINS, LOBO *et al.*, 2007).

A medida de eficiência de uma DMU pode ser definida a partir da seguinte expressão:

$$\frac{\sum_j u_j * Y_{jk}}{\sum_i v_i * X_{ik}} = \frac{u * Y_k}{v * X_k}$$

tal que $\frac{u * Y_k}{v * X_k} \leq 1$

Inicialmente, a definição do padrão de comparação busca otimizar esta expressão, em que as ponderações (ou pesos) u e v , para os outputs e inputs, respectivamente, são desconhecidos, atendendo às restrições de que nenhuma das unidades avaliadas localize-se além da fronteira de eficiência e de que os pesos sejam positivos. É isto que gera o índice de eficiência entre 0,00 e 1,00, como mencionado anteriormente. Assim, para cada DMU a ser analisada, formula-se um problema de otimização com o objetivo de determinar quais os valores que esta DMU atribui aos pesos u e v de modo a alcançar a maior eficiência possível. A eficiência de cada DMU, portanto, é a soma ponderada dos outputs dividida pela soma ponderada dos inputs, com a distribuição dos pesos ocorrendo sem qualquer interferência do analista. Com isso, o problema é solucionado construindo-se a fronteira de eficiência, a partir da combinação linear convexa dos inputs e outputs das DMUs eficientes, que constituem o conjunto de unidades de referência (ou *benchmarking*) que delimitam as projeções espaciais das demais unidades (ineficientes) nesta fronteira (LINS, LOBO *et al.*, 2007). Naturalmente, as unidades eficientes funcionam como *benchmarking* para elas próprias. No entanto, segundo Ozcan (2008), para as unidades ineficientes, o conjunto de referência pode ser formado por uma ou mais unidades eficientes, o que significa dizer que, para uma unidade ineficiente tornar-se eficiente, ela deve utilizar-se de uma combinação ponderada das unidades que constituem o seu *benchmarking*. Os pesos que compõem essa combinação ponderada, indicando o “quanto” de cada DMU eficiente, de seu conjunto de referência, uma DMU ineficiente deve utilizar para atingir sua própria eficiência, são chamados de pesos λ (lambda).

Ainda em relação à atribuição de pesos, cabe ressaltar que os modelos clássicos de DEA trazem em sua estrutura matemática uma limitação que é, na busca da solução ótima, a possibilidade de atribuição de pesos nulos a variáveis importantes e, portanto,

constituindo modelos inverossímeis. Para contornar esta limitação, no entanto, existem maneiras de se flexibilizar o modelo adotado mediante a formulação de restrições aos pesos (LINS, LOBO *et al.*, 2007). Vale ressaltar, ainda, que a fronteira de eficiência e o padrão de comparação entre as DMUs são extraídos a partir de um conjunto de observações, e não de prescrições (MARINHO E FAÇANHA, 2000).

A Figura 1, a seguir, ilustra os conceitos elucidados até o momento:

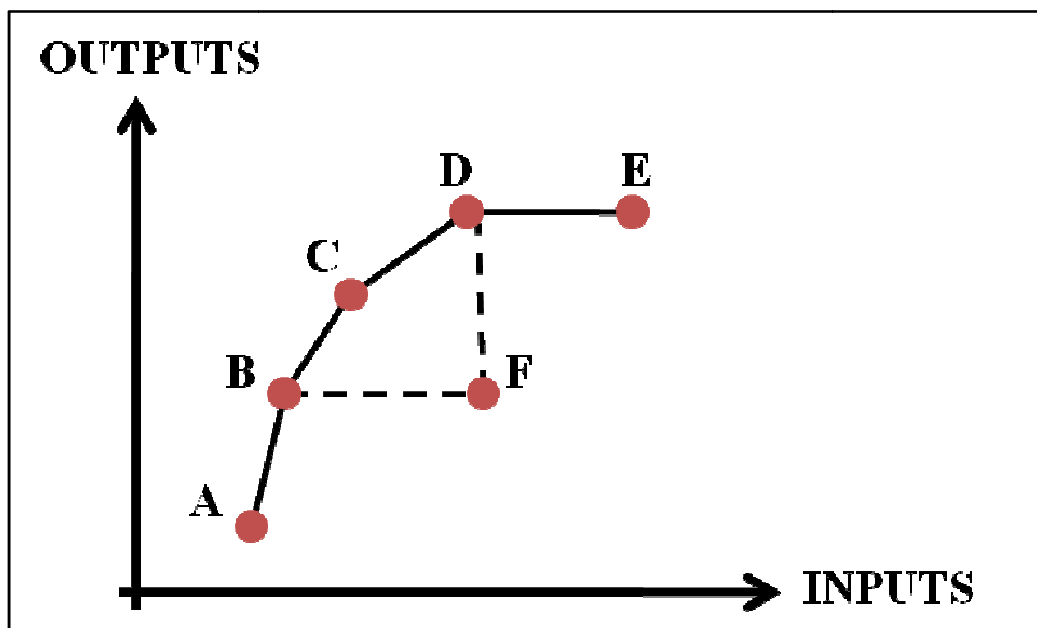


Figura 1: Exemplo de fronteira de eficiência empírica.

Como mencionado, os níveis ótimos de produção dos outputs e consumo dos inputs são obtidos através da projeção das unidades ineficientes para a fronteira de eficiência. Seja o ponto F, correspondente a uma DMU qualquer, localizado fora da fronteira de eficiência. Este ponto pode ser projetado para a fronteira de duas maneiras: a) a partir de uma redução no consumo de inputs, percorrendo o caminho do segmento de reta FB em direção ao ponto de eficiência ocupado por B, localizado na fronteira; ou b) a partir de um aumento na produção de outputs, percorrendo o caminho do segmento de reta FD em direção ao ponto de eficiência ocupado por D, também localizado na fronteira. Neste caso, as DMUs B e D constituem o conjunto (ou par) de referência para a unidade ineficiente F. Em outras palavras, uma unidade ineficiente pode ser levada para a fronteira através de combinações lineares dos elementos de seus respectivos conjuntos de referências.

Sejam, ainda, os pontos C e E, ambos localizados na fronteira de eficiência. Pode-se observar que a DMU C não é capaz de minimizar a utilização de inputs sem que haja, simultaneamente, a redução na produção de outputs. Do mesmo modo, também não é capaz de maximizar a produção de outputs sem que haja um aumento simultâneo no consumo de inputs. Portanto, pela lógica de Pareto-Koopmans, pode-se afirmar que o ponto C corresponde a uma DMU localizada na região Pareto-eficiente. Por outro lado, no caso do ponto E, apesar de também estar localizado na fronteira, percebe-se que é possível realizar uma redução da utilização de inputs sem alterar a produção de outputs. Em outras palavras, o ponto E corresponde a uma DMU com eficiência técnica ou fraca, apresentando folga de capacidade em sua operação, isto é, potencial para redução da utilização de insumos sem influenciar sua produção de outputs.

Esta interpretação do gráfico evidencia, portanto, que o que realmente importa para a análise de eficiência, antes de valores absolutos, são os valores relativos dos escores atribuídos às unidades avaliadas. Reconhecido isto, podem-se fazer inferências sobre a distância entre os valores efetivos de inputs e de outputs apresentados pelas unidades e os valores ótimos, indicadores de padrão e *benchmarking* nos casos considerados, preconizados pela solução do problema (MARINHO E FAÇANHA, 2000).

É necessário destacar também a importância que o tipo de orientação escolhida para o modelo exerce sobre a interpretação dos resultados, sobretudo os escores de eficiência obtidos para as DMUs em análise. Como visto anteriormente, os modelos de DEA podem ser orientados a input (objetivo de minimização do consumo de insumos) ou a output (objetivo de maximização da produção de outputs). Para os modelos orientados a input, os resultados para os escores de eficiência vão sempre estar localizados na faixa entre 0,00 e 1,00 (ou de 0% a 100%). As DMUs com escores de 100%, naturalmente, serão consideradas eficientes. Já as DMUs com escores de eficiência entre 0,00 e 1,00 serão consideradas ineficientes, de modo que esta ineficiência deve ser interpretada da seguinte forma: seja uma DMU ineficiente qualquer, em um modelo orientado a input, com escore de eficiência igual a 35%, por exemplo. Isto significa dizer que esta DMU apresenta potencial para elevar sua eficiência, sendo este potencial medido a partir de uma redução proporcional no consumo de inputs, equivalente a 65% ($0,35 - 1,00 = -0,65$). Em outras palavras,

reduzindo o consumo de inputs em 65%, a DMU seria capaz de elevar sua eficiência a 100% (OZCAN, 2008).

O raciocínio é análogo para os modelos orientados a output. A diferença é que os resultados para os escores de eficiência serão sempre iguais ou maiores a 1,00 (ou 100%). Novamente, as DMUs com escores de 100% serão aquelas consideradas eficientes, enquanto as DMUs com escores de eficiência superiores a 100% serão consideradas ineficientes, sendo esta ineficiência interpretada da seguinte maneira: seja uma DMU ineficiente qualquer, em um modelo orientado a output, com escore de eficiência igual a 165%, por exemplo. Isto significa dizer que esta DMU apresenta potencial para elevar sua eficiência, sendo este potencial medido a partir de um aumento proporcional na produção de outputs, equivalente a 65% ($1,65 - 1,00 = +0,65$). Em outras palavras, aumentado a produção de outputs em 65%, a DMU seria capaz de elevar sua eficiência a 100%. Se o analista desejar, estas eficiências com valores superiores a 1,00, fornecidas pelos modelos orientados a output, podem, ainda, ser interpretadas de forma alternativa. Mais especificamente, elas podem ser observadas como eficiências “espelhadas” de um modelo orientado a input, isto é, um escore de eficiência de 165% pode ser encarado como um escore de 35% (portanto, no interior da faixa de 0,00 a 1,00), que a interpretação do resultado continua a mesma: a DMU apresenta um potencial de para elevar sua eficiência a 100%, sendo o mesmo medido a partir de um aumento de 65% na produção de outputs (OZCAN, 2008).

No que diz respeito aos modelos de DEA, existem dois que são de uso mais comum: os modelos CCR e BCC. O primeiro deles foi o CCR, em referência a Charnes, Cooper e Rhodes (1978), e baseia-se em retornos constantes de escala, o que faz com que também seja chamado, comumente, de modelo CRS (do inglês, *Constant Returns of Scale*). Este modelo foi estendido, mais tarde, ao modelo BCC, em referência a Banker, Charnese Cooper (1984), que, diferentemente do primeiro, baseia-se em retornos variáveis de escala, sendo também conhecido, por isso, como modelo VRS (*VariableReturns of Scale*). Ambos os modelos possuem a mesma ideia geral, que é basicamente o apresentado anteriormente nesta seção: a comparação entre outputs e inputs, com os pesos sendo escolhidos de modo que as DMUs sejam representadas de forma ótima, isto é, da maneira mais eficiente e consistente, considerando as variáveis disponíveis e as restrições de que nenhuma DMU deve estar localizada além da fronteira. Por sua vez, as diferenças entre os dois modelos merecem comentários

adicionais. Como visto, o modelo CCR trabalha com a hipótese de retornos constantes de escala, o que equivale supor que os casos eficientes estariam em uma fronteira retilínea que passa pela origem dos eixos cartesianos. Isto faz com que, em uma análise com retornos constantes de escala, a duplicação dos inputs proporcione igual duplicação dos outputs, na mesma proporção. Já o modelo BCC admite a ocorrência de retornos variáveis de escala, o que garante que a transposição de uma determinada unidade para a fronteira, assim como a identificação de seu grau de eficiência, corresponderia à definição de unidade composta cujas referências teriam escalas similares, o que não ocorre no modelo CCR. Em outras palavras, a relação entre a variação de inputs e outputs não é linear, isto é, variações nos inputs proporcionam variações nos outputs em proporções diferentes, considerando, assim, a possibilidade de economias e deseconomias de escala. Estas diferenças entre os dois modelos, no entanto, não traduzem, a priori, desvantagens ou vantagens de um em relação ao outro, uma vez que a literatura empírica sugere que o problema crucial deve recair, mais fundamentalmente, sobre a escolha dos inputs e outputs a serem utilizados (MARINHO E FAÇANHA, 2000).

A escolha dos inputs e dos outputs é uma das questões centrais a serem consideradas antes da utilização da DEA. Esta escolha está baseada, essencialmente, na definição das DMUs a serem analisadas e nos insumos e produtos que serão utilizados para esta análise. Em primeiro lugar, é necessário que todas as DMUs convertam os mesmos conjuntos de inputs nos mesmos conjuntos de outputs. No entanto, podem existir situações em que isto não ocorre. Por exemplo: se uma determinada DMU produz um output de forma exclusiva e este output é considerado na análise, então esta DMU será bonificada de forma injusta na DEA, possivelmente sendo-lhe atribuída uma eficiência relativa de 100%, independentemente do seu desempenho em relação aos inputs ou aos demais outputs. Por outro lado, caso o output exclusivo em questão seja omitido da análise, a DMU pode acabar penalizada. Estas, naturalmente, são situações que reduzem consideravelmente a capacidade interpretativa da DEA, e que podem ser contornadas a partir de certas medidas por parte do analista, como, por exemplo, a incorporação de restrições aos pesos atribuídos pela DEA aos inputs e outputs, com a definição de limites máximos e mínimos para estes pesos (SALE E SALE, 2009).

Outra importante questão a ser considerada no processo de seleção das variáveis está relacionada à quais inputs e outputs serão utilizados para mensurar o

desempenho de cada DMU, bem como o período de tempo dos dados considerados. Geralmente, esta seleção costuma ser bastante intuitiva, de acordo com o setor em análise. Em outros casos, no entanto, este processo pode não ser tão evidente. Deve-se lembrar, portanto, que para uma variável ser considerada um input, ele deve possuir a possibilidade de minimização, isto é, todo o restante permanecendo constante, a DMU gostaria de minimizá-lo. O raciocínio para os outputs é semelhante: as variáveis devem possuir a possibilidade de maximização, isto é, todo o restante permanecendo constante, a DMU gostaria de maximizá-lo. Por fim, tanto os inputs como os outputs devem estar numa mesma base de tempo, geralmente mensal ou anual (SALE E SALE, 2009).

No tocante à quantidade de inputs e outputs a serem considerados na análise, este é outro ponto que também deve ser levado em conta. Muitas vezes, o analista se vê tentado a utilizar uma grande quantidade de insumos e produtos na DEA. Em teoria, não há problema algum nesta abordagem, embora alguns cuidados sejam recomendados, como, por exemplo, o perigo de se considerar uma mesma informação duas vezes (dois inputs ou outputs que forneçam, basicamente, a mesma informação). Em outras palavras, é imperioso que cada input e output representem uma medida diferente dos demais, caso contrário a interpretação dos resultados pode ser comprometida. Em geral, uma regra informal que se costuma utilizar é a de que o número de DMUs deve ser de, pelo menos, o dobro do número de inputs e outputs somados, para garantir que a capacidade interpretativa da DEA não seja limitada (SALE E SALE, 2009).

A aplicação da DEA traz consigo, ainda, algumas considerações que devem ser elucidadas. Primeiramente, é desejável que não se atribua à metodologia qualquer conteúdo prescritivo, o que é um vício comumente incorrido quando do uso de “indicadores” de eficiência ou de desempenho. Deve-se, antes, privilegiar a representação da complexidade ao invés de diagnósticos à eficiência, lembrando que a metodologia DEA considera o conjunto de informações disponíveis para a análise e associa as medidas de eficiência ao *benchmarking* obtido dos casos observados. Em segundo lugar, é necessário que a metodologia também atenda a alguns requisitos de operacionalização. Acredita-se que a DEA, ao reconhecer a multiplicidade de insumos e produtos e de serviços das unidades avaliadas, e ao oferecer medidas de eficiência e de consistência na utilização de inputs e na produção de outputs, já é capaz de representar e informar aos atores relevantes envolvidos a existência de problemas administrativos e gerenciais de algum porte. Isto compatibiliza o exercício avaliativo com o objetivo de

aprimorar o gerenciamento interno das unidades avaliadas. Além disso, ao tirar partido do conjunto de informações disponíveis, a DEA também incentiva o melhor controle sobre os insumos, produtos e serviços oferecidos pelas unidades avaliadas. Adicionalmente, ao acrescentar medidas de eficiência a *benchmarks* obtidos dos casos observados, a DEA incentiva a incorporação de unidades a avaliações e a outros mecanismos de coordenação e de incentivo que utilizem a metodologia (MARINHO EFAÇANHA, 2000). E, em terceiro lugar, em sendo a DEA uma metodologia multi-critério de apoio à tomada de decisão, todas as variáveis utilizadas podem ser tratadas como inputs ou como outputs, dependendo estritamente dos critérios que estão sendo utilizados durante a concepção da modelagem e da coerência entre os mesmos. Além disso, para que se possa realizar inferências sobre a qualidade do serviço prestado, existe um pressuposto de que as abordagens de estrutura, processo e resultado devem guardar formas de relação entre si, e o mesmo deve ocorrer entre inputs e outputs. Ou seja, assim como a estrutura influencia os processos e os processos são condicionantes para os resultados, as variáveis estruturais são consideradas como inputs para outras variáveis estruturais, de processo ou de resultado, e as variáveis de processo são inputs para novos processos e/ou para resultados observados (LINS, LOBO *et al.*, 2007).

Em suma, podem-se citar algumas vantagens e desvantagens da metodologia DEA, como listado a seguir:

Vantagens

- Útil para revelar relações entre as variáveis de inputs e outputs e os resultados, o que outras metodologias não são capazes de evidenciar;
- Capaz de considerar múltiplos inputs e outputs, comportando quaisquer unidades de medida, desde que padronizadas para todas as variáveis de entrada e saída;
- Prescinde de atribuição prévia de pesos às variáveis consideradas no estudo, permitindo que esta alocação de pesos seja efetuada de modo a maximizar a eficiência relativa de cada DMU, que, por sua vez, são definidas de forma individualizada, mas levando em consideração as demais;
- Capaz de identificar as causas da ineficiência das DMUs, permitindo sua quantificação e análise para contribuições de melhoria, com o estabelecimento de metas de produção;

- Fornece uma visão multifacetada da eficiência, permitindo a análise dos fatores que mais contribuem para seu alcance.

Desvantagens

- Os resultados são sensíveis à escolha e definição dos inputs e outputs;
- Por se tratar de uma técnica ainda recente, quase que restrita às áreas de pesquisa operacional e engenharia, necessita de ambientação dos usuários leigos para utilização em outras áreas do conhecimento;
- Por se tratar de uma técnica não paramétrica, não permite a extrapolação de suas conclusões, que estão restritas às DMUs e às variáveis em análise.

Aplicações da metodologia DEA ao setor de saúde

A utilização de DEA no desenvolvimento de fronteiras de eficiência para os serviços de saúde têm oferecido, ao longo dos últimos anos, uma nova e promissora direção para a avaliação do desempenho e da qualidade destes serviços, comparativamente a outras técnicas de desenvolvimento de melhores práticas, como a Análise de Fronteira Estocástica (do inglês, *Stochastic Frontier Analysis*) e os modelos de regressão, por exemplo.

Neste sentido, sobretudo na literatura brasileira, as aplicações mais comuns de DEA na área da saúde estão voltadas para a avaliação de desempenho de hospitais universitários. Podemos destacar, inicialmente, o estudo de Marinho e Façanha (2000), que desenvolve a avaliação comparativa de eficiência de 43 hospitais universitários federais brasileiros do MEC por meio de DEA, em combinação com testes e procedimentos estatísticos não-paramétricos específicos. O trabalho também explora algumas extensões, como as orientações que a DEA fornece para ajustes nas (in)eficiências observadas, relativas ao problema de retornos de escala, e associações das eficiências observadas com formas de interação entre os hospitais. Vale ressaltar, no entanto, que os autores consideraram, na mesma amostra, um conjunto de unidades com diferentes perfis, como os hospitais gerais, os de especialidade e as maternidades.

Mais tarde, Lins, Lobo *et al.* (2007) também desenvolveram um estudo para a avaliação dos hospitais universitários brasileiros por meio da abordagem tradicional de

DEA, com o objetivo de subsidiar a avaliação da implantação da Política de Reestruturação dos Hospitais de Ensino. O trabalho foi elaborado a partir de indicadores de assistência, ensino e pesquisa, e os resultados ofereceram um *benchmark* dos hospitais universitários por meio de indicadores de resultado (outputs) que consideravam as diferenças estruturais e/ou as demandas regionais (inputs). A modelagem também permitiu indicar as mudanças necessárias para as unidades ineficientes (alterações nos vetores de inputs e/ou outputs) e gerar recomendações sobre a distribuição dos recursos públicos baseada em qualidade/eficiência.

Pouco tempo depois, o estudo de Lobo, Linset *al.* (2010), com praticamente os mesmos autores de três anos antes, apresentou um modelo de DEA em redes (*network DEA*) para aferir o desempenho de hospitais universitários federais, o qual permite considerar a relação entre as dimensões de ensino e de assistência simultaneamente. Posteriormente, os resultados desta nova proposta metodológica foram comparados àqueles dos modelos de DEA tradicionais para avaliação comparativa de suas vantagens.

Já Gasparini e Ramos(2004) utilizaram a DEA para a avaliação da distribuição de serviços de saúde entre regiões e Estados brasileiros, cujos resultados evidenciaram que as diferenças na disponibilidade relativa destes serviços são elevadas. Para isso, elaboraram um indicador de déficit relativo para os serviços de saúde, utilizando como critério a equidade de acesso, isto é, mesma disponibilidade de serviços para necessidades iguais e, a partir daí, foi construída uma fronteira de melhor disponibilidade de serviços para idênticas necessidades.

No âmbito internacional, o desenvolvimento de estudos com aplicações de DEA à área da saúde é ainda mais antigo. Pode-se destacar, por exemplo, o trabalho de Ozcan (1993), em que o autor examina a aplicação de DEA para avaliações de eficiência técnica em hospitais, promovendo análises de sensibilidade com base em diferentes combinações de inputs e outputs e agrupamento de pares de referência (do inglês, *peergrouping*), considerando, para tal, as estruturas dos hospitais.

Cabe lembrar, ainda, o estudo de Grosskopf, Margaritset *al.*(2001), que confrontou hospitais que abordavam a dimensão de ensino com hospitais que não abordavam esta dimensão, sob o critério de disponibilidade de serviços aos pacientes. A comparação foi realizada a partir das fronteiras de eficiências construídas para ambos os

tipos de hospitais por meio de DEA, sendo aplicada a uma amostra de hospitais que se encontravam em operação nos Estados Unidos em 1994, constituída de 236 hospitais de ensino e 556 hospitais que não abordavam esta dimensão. Os resultados sugeriram que, para o critério de disponibilidade de serviços aos pacientes considerado na análise, apenas cerca de 10% dos hospitais de ensino conseguiam competir efetivamente com os demais hospitais, que não abordavam esta dimensão.

3. MODELAGEM DO PROBLEMA

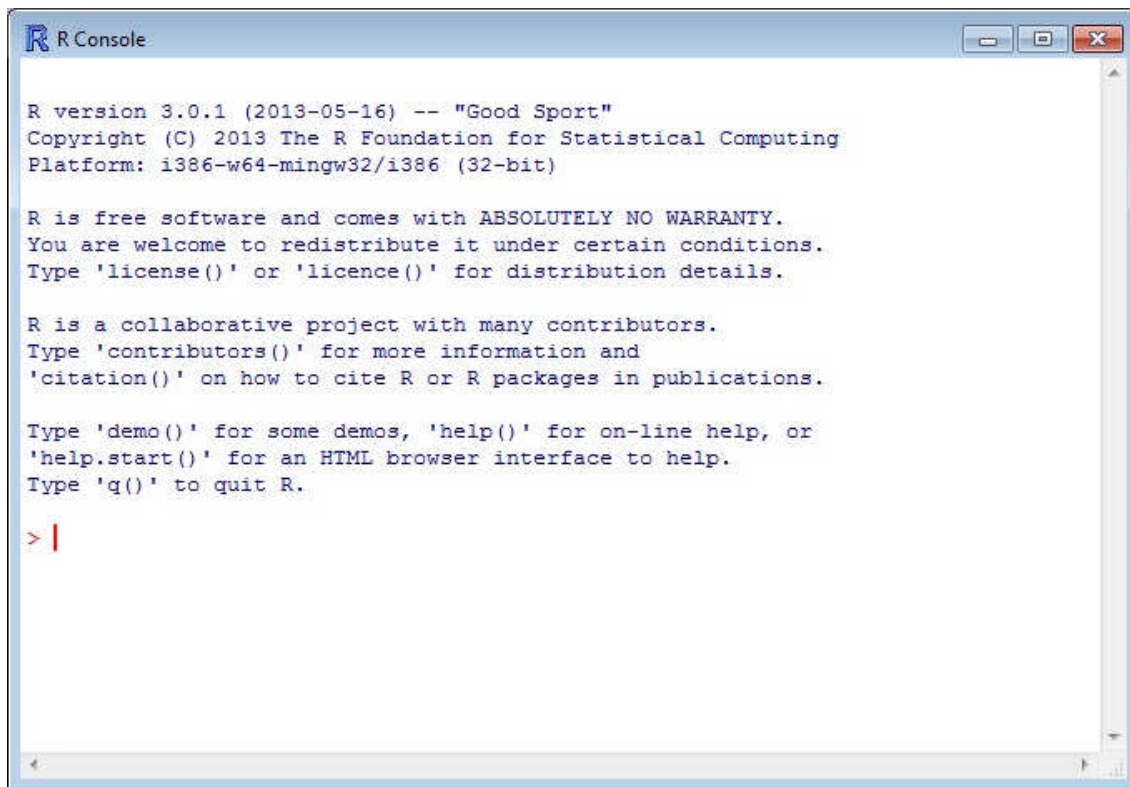
Introdução ao software R

O R trata-se de um tipo de linguagem computacional e gráfica com ambiente próprio de implementação, que faz parte do Projeto GNU (do inglês, *GNU Project*), um projeto baseado na filosofia de “software livre”, isto é, significa que os usuários têm liberdade de uso do software em seus computadores, sendo livres para executar os programas, estudar e modificar os códigos-fonte dos programas, redistribuir cópias, além de distribuir versões modificadas. Desse modo, o R é gratuito, permitindo ao usuário fazer o download de diferentes versões e utilizar os pacotes a custo zero.

A linguagem R proporciona uma série de facilidades para a manipulação de dados, cálculos e exibição gráfica, tais como: a) manuseio efetivo de dados e facilidade de armazenamento; b) conjunto de operadores para cálculos matriciais; c) vasta e integrada coleção de ferramentas para análise de dados; d) funcionalidades gráficas para análise de dados e exibição tanto em tela quanto em cópias armazenadas; e) linguagem de programação simples, que inclui condições, *loops*, funções recursivas e competências para inputs e outputs; e f) grande variedade de estatísticas, como a possibilidade de modelagem linear e não-linear, testes estatísticos clássicos, análises de séries temporais, classificações, *clustering*, etc.

O ambiente do R corresponde a um sistema coerente e planejado, que proporciona flexibilidade ao usuário para adicionar novas funcionalidades, melhor compreender os códigos e algoritmos utilizados e implementar técnicas estatísticas. Além disso, esta flexibilidade permite a extensão do sistema por meio de pacotes, que são encontrados através da chamada CRAN (do inglês, *Comprehensive R Archive Network*), uma espécie de rede de sites da Internet que disponibiliza uma variedade de estatísticas atualizadas.

A Figura 2, a seguir, ilustra o ambiente do R, onde é possível executar todas as funcionalidades descritas anteriormente, desde a implementação de códigos “livres” até o carregamento e utilização de pacotes previamente elaborados, além da exibição de gráficos.



```
R Console

R version 3.0.1 (2013-05-16) -- "Good Sport"
Copyright (C) 2013 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: i386-w64-mingw32/i386 (32-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

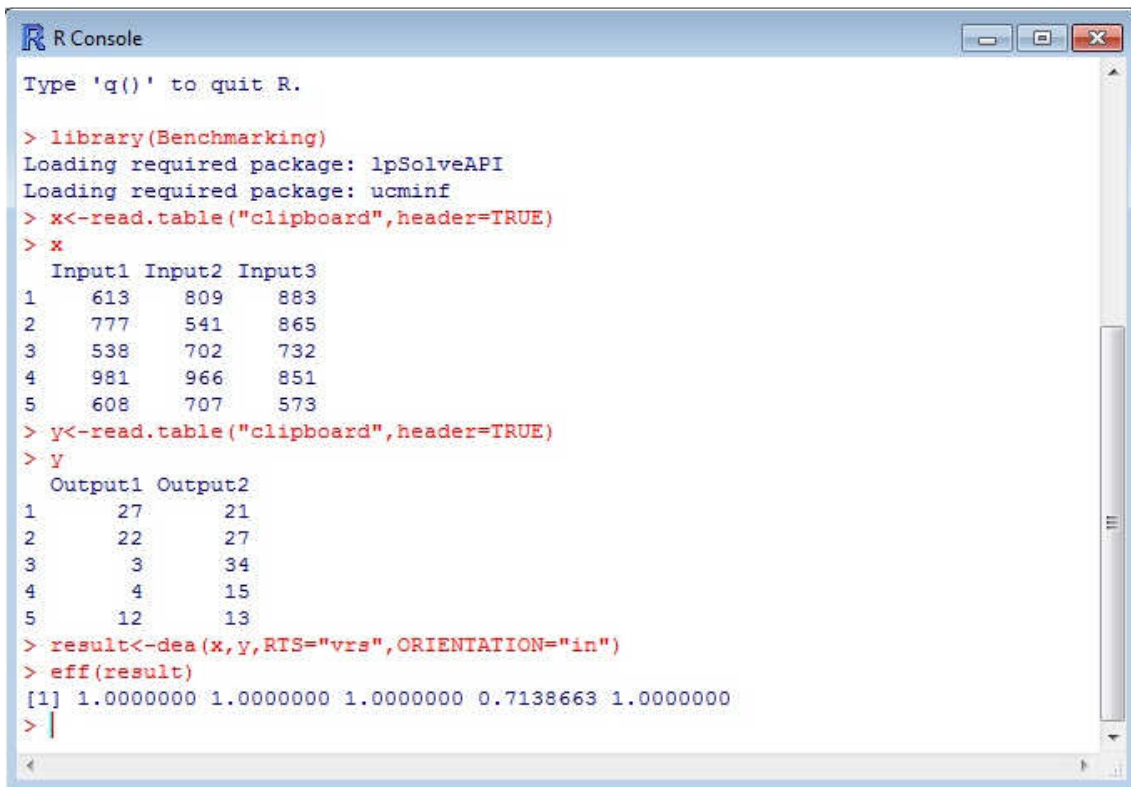
> |
```

Figura 2: Ambiente de programação em R.

Em nosso caso, o pacote básico necessário para a aplicação da metodologia DEA, e que será utilizado neste estudo, é denominado *Benchmarking*. Ele encontra-se disponível para download no site do próprio R (<http://www.r-project.org/>), na seção correspondente aos pacotes (“*Packages*”). No universo do R, existem outros pacotes, sobretudo com vieses estatísticos, que podem ser baixados e que possuem aplicações em DEA, tornando a análise mais incrementada. No entanto, dado o objetivo deste estudo, optou-se pela aplicação exclusiva do pacote *Benchmarking*, que é o básico e possui todas as funcionalidades necessárias para uma análise suficiente e robusta. Este pacote contém métodos que comportam a análise de fronteira inerente à metodologia DEA, podendo ser utilizado para resolução tanto de modelos simples como complexos e oferecendo os principais requisitos necessários à sua aplicação, como as diferentes abordagens do problema (CCR ou BCC), orientações (baseada em input ou output) e medidas de eficiência (regular, super-eficiência, eficiência direcional, etc.), além da possibilidade de identificação de pares de referência e folgas (do inglês, *slacks*). Além destes, o pacote ainda oferece inúmeros outros requisitos, mas que não fazem parte do escopo da análise do presente estudo, como a possibilidade de fusões de DMUs (técnica conhecida como *merging*) e a utilização de métodos comparativos com base em Análise

de Fronteira Estocástica. O pacote suporta, ainda, plotagens de gráficos de DEA em dois eixos, como curvas de transformação (para dois outputs), curvas isoquantas (para dois inputs) ou a própria função produção (input x output).

A Figura 3, a seguir, ilustra, de forma bastante simplificada e a partir de um exemplo aleatório de valores, uma aplicação do pacote.



```
R Console
Type 'q()' to quit R.

> library(Benchmarking)
Loading required package: lpSolveAPI
Loading required package: ucminf
> x<-read.table("clipboard",header=TRUE)
> x
  Input1 Input2 Input3
1     613     809     883
2     777     541     865
3     538     702     732
4     981     966     851
5     608     707     573
> y<-read.table("clipboard",header=TRUE)
> y
  Output1 Output2
1        27        21
2         22        27
3          3        34
4          4        15
5         12        13
> result<-dea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in")
> eff(result)
[1] 1.0000000 1.0000000 1.0000000 0.7138663 1.0000000
> |
```

Figura 3: Exemplo de aplicação do pacote *Benchmarking* em R.

No exemplo acima, as linhas em vermelho são os comandos implementados pelo usuário, enquanto as linhas em azul são os resultados destes comandos. Primeiramente, o pacote *Benchmarking*, devidamente baixado e localizado na biblioteca de pacotes do computador do usuário, foi carregado para que se pudessem executar as funcionalidades do mesmo para a análise de DEA. Em seguida, atribuíram-se os valores dos inputs a uma variável denominada *x*. Estes valores, em formato de tabela, foram lidos da área de transferência (do inglês, *clipboard*), indicando, ainda, que a primeira linha da tabela de valores corresponde ao cabeçalho (trecho do código: *header=TRUE*). O mesmo procedimento foi utilizado para a leitura dos outputs, os quais os valores foram atribuídos a uma variável denominada *y*. É importante ressaltar que os dados de input e output podem estar armazenados em uma tabela de MS Excel, devendo o usuário apenas

copiá-los para a área de transferência para que o R possa efetuar este tipo de leitura e atribuição a uma variável. Deve-se notar, ainda, que no exemplo mostrado foram considerados valores e quantidades aleatórios para inputs e outputs, bem como um total de cinco DMUs, também aleatório. Por fim, utilizamos uma das funções mais básicas do pacote *Benchmarking*, que é a criação de um modelo de DEA, atribuindo este modelo à variável denominada *result*. Como indicado, o modelo considerou os dados da variável *x* (inputs) e *y* (outputs), com retorno de escala variável (trecho do código: *RTS="vrs"*) e orientação a input (trecho do código: *ORIENTATION="in"*). Na linha abaixo, o código “chamou” a função de eficiência para a variável *result* contendo o modelo de DEA (função *eff* do pacote), retornando, em linha, as respectivas eficiências para as cinco DMUs consideradas.

Deve-se reiterar, portanto, que esta foi uma aplicação bastante simplificada e limitada do R e do pacote *Benchmarking* para análises de DEA, utilizando poucas de suas funcionalidades. Naturalmente, para o caso estudado do sistema de saúde do Estado do Rio de Janeiro, a consistência dos dados será muito maior e os mesmos estarão alinhados com as premissas da metodologia de DEA. Além disso, outras funcionalidades do software e do pacote em questão deverão ser necessárias para uma análise mais completa e robusta. Este modelo proposto para o SUS-RJ e a utilização do software serão explanados em maiores detalhes adiante neste capítulo, permanecendo aqui apenas esta explicação preliminar do código que será utilizado no R.

O modelo proposto

Sabendo-se que a aplicação de DEA em qualquer esfera do setor de saúde deve considerar um cenário sistêmico e repleto de conexões entre dimensões e variáveis, estas precisam ser bem compreendidas antes da modelagem propriamente dita. Na literatura específica sobre DEA para a área da saúde, inputs como leitos, equipamentos e consultórios, por exemplo, geram outputs, como produção assistencial e procedimentos hospitalares, entre outros. No entanto, não é rotineiro considerar as relações que se dão entre estas variáveis no interior de cada DMU, o que faz com que o modelo de DEA tradicional seja chamado de modelo agregado ou modelo de “Caixa Preta – CP” (do inglês, *Black Box*). Este modelo tem sido predominante entre as

publicações científicas que avaliam o desempenho de unidades de saúde, tais como hospitais, serviços médicos, centros de saúde e áreas de planejamento, com diversas conformações de variáveis (LOBO, LINS *et al.*, 2010)

Dessa forma, esta seção terá início com a representação visual simples da organização do modelo proposto para o caso estudado, como mostra a Figura 4. Trata-se de um modelo do tipo “entrada-saída” que controla complexidades inerentes à estrutura organizacional interna e ao processo de transformação em cada DMU, supondo que estas sejam desconhecidas, como visto anteriormente com base na premissa da “Caixa Preta”. No caso, os x representam os insumos (inputs), utilizados no processo de transformação, e os y denotam os produtos e serviços prestados (outputs).

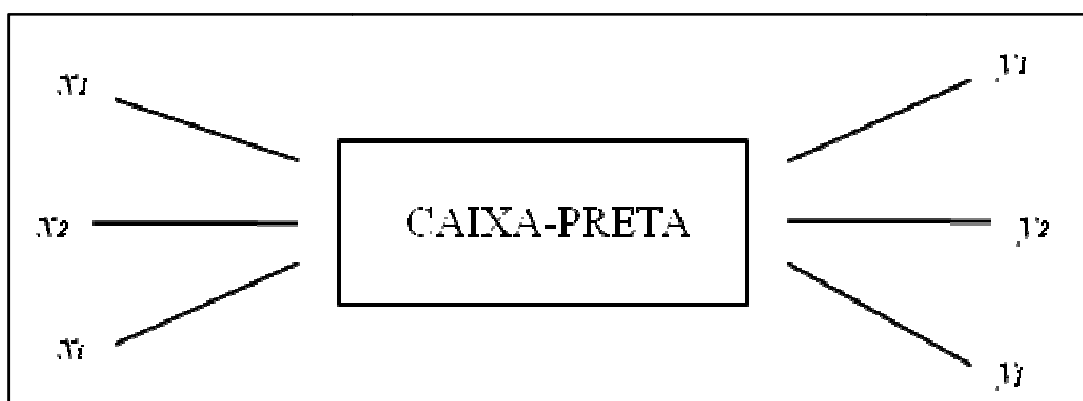


Figura 4: Ilustração de modelo do tipo Caixa-Preta.

Segundo enunciam Marinho e Façanha (2000), a revisão da literatura sobre o tema permite inferir que um modelo para representação de organizações da área da saúde deve considerar, pelo menos, algumas categorias de variáveis, classificadas da seguinte maneira, segundo inputs e outputs: inputs de trabalho, inputs de capital ou estruturais, inputs financeiros, inputs de serviços gerais, inputs de serviços específicos, inputs relacionados aos pacientes e/ou inputs ou fatores ambientais; e outputs relacionados ao tratamento, outputs de qualidade dos serviços e/ou outputs sociais.

Em nosso caso, devido à natureza dos dados disponíveis e ao escopo da análise, serão utilizados inputs de capital ou estruturais e outputs relacionados ao tratamento. Os primeiros dizem respeito a insumos relacionados à capacidade física operacional das organizações da área da saúde, notadamente os hospitais. Os exemplos mais corriqueiros são: número de leitos (ambulatoriais, cirúrgicos etc.), área física do hospital, quantidade de equipamentos e instalações, entre outros. Já os segundos estão

relacionados aos processos pelos quais o paciente passou na unidade hospitalar. São exemplos: cirurgias realizadas, cuidados e procedimentos ambulatoriais e emergenciais, número de internações, atendimentos externos, número de consultas, entre outros.

Dito isso, os dados coletados para a análise do caso estudado são provenientes do Departamento de Informática do SUS (DATASUS), que está integrado à Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa da Estrutura Regimental do Ministério da Saúde, e tem por objetivo garantir a informatização das atividades do Sistema Único de Saúde, dentro das diretrizes tecnológicas adequadas, contendo, assim, o acervo das bases de dados necessárias aos sistemas de informações em saúde e aos sistemas internos de gestão institucional.

A escolha das variáveis relevantes para o modelo proposto neste estudo foi realizada a partir de uma seleção e filtragem de dados provenientes das bases do DATASUS. Esta escolha esteve baseada, como citado anteriormente, em inputs de natureza mais estrutural e outputs mais relacionados ao tratamento, muito em razão da disponibilidade dos dados e do perfil da análise proposta. Cabe retomar, ainda, uma consideração mencionada em momento anterior deste trabalho, que afirma que para se realizar inferências sobre a qualidade do serviço prestado pela organização ou setor em análise, existe um pressuposto de que as abordagens de estrutura, processo e resultado devem guardar formas de relação entre si, e o mesmo deve ocorrer entre inputs e outputs. Ou seja, assim como a estrutura influencia os processos e os processos são condicionantes para os resultados, as variáveis estruturais são consideradas como inputs para outras variáveis estruturais, de processo ou de resultado, e as variáveis de processo são inputs para novos processos e/ou para resultados observados. Em outras palavras, a escolha das variáveis foi realizada de forma que permitisse estabelecer algum tipo de relacionamento entre inputs e outputs do modelo, até como uma forma de ampliar as possibilidades de interpretação dos resultados. As variáveis de input e output selecionadas são, portanto, apresentadas na Tabela 1. A base de dados completa utilizada para o modelo, contendo os valores para as variáveis apresentadas nesta tabela, encontra-se nos Anexos A e B.

Tabela 1: Variáveis de input e output selecionadas.

	VARIÁVEL	SIGLA
INPUTS	Número total de consultórios (Ambulatório)	Input1
	Número de leitos de repouso e observação (Ambulatório)	Input2
	Número de leitos de internação (Hospitalar)	Input3
	Número de leitos complementares (Hospitalar)	Input4
	Número total de instalações físicas de obstetrícia e neonatologia (Hospitalar)	Input5
	Número de consultórios médicos (Urgência)	Input6
	Número de leitos de repouso e observação (Urgência)	Input7
	Número de equipamentos disponíveis	Input8
OUTPUTS	Número de internações por local de internação	Output1
	Número de óbitos por local de internação	Output2
	Valor total de procedimentos hospitalares por local de internação (em R\$)	Output3
	Quantidade aprovada de produção ambulatorial por local de atendimento	Output4
	Valor aprovado de produção ambulatorial por local de atendimento (em R\$)	Output5

Tendo estabelecida a base de inputs e outputs, podem-se definir as demais premissas do modelo, bem como algumas limitações, de acordo com o referencial teórico de DEA apresentado neste estudo. Desse modo, as premissas e limitações consideradas para o caso do SUS-RJ são apresentadas a seguir:

Premissas do modelo de análise do SUS-RJ

- Do total de DMUs: foram considerados como as DMUs do modelo todos os 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro;

- Do tipo de modelo DEA: foi adotado o modelo do tipo BCC (ou VRS), em função da variação de porte dos serviços prestados em cada um dos 92 municípios do Estado;
- Da orientação do modelo DEA: foi adotada orientação do modelo a output, em razão do objetivo de melhoria de gestão dos recursos e expansão dos serviços prestados, isto é, melhoria da produção para um mesmo conjunto de recursos a partir de melhorias de gestão. Além disso, deve-se levar em consideração a baixa governabilidade sobre os recursos considerados como insumos do modelo, o que desfavorece um modelo orientado a input;
- Da periodicidade de tempo: o período de tempo considerado foi o ano de 2012, visto que os dados para 2013 ainda encontram-se incompletos. Para variáveis cujos dados eram fornecidos em uma base mensal, e não anual, foram considerados os meses de fechamento (no caso, o mês de dezembro, considerado a última “foto” do ano);

Obs¹: No caso das variáveis cujo valor para determinados municípios era igual a zero na base de dados do DATASUS, estes foram mantidos como zero.

Limitações do modelo de análise do SUS-RJ

- Seguindo a linha do trabalho de Marinho e Façanha (2000), a adoção de pesos diferentes dos recomendados, numa tentativa de flexibilizar o modelo, não serão abordados neste estudo. Dessa forma, os pesos atribuídos às variáveis do modelo para obtenção dos escores ótimos de eficiência serão distribuídos sem qualquer interferência do analista;
- O estudo não vai levar em consideração a lógica de Pareto-Koopmans apresentada no capítulo Metodologia, de modo que eficiências com escore igual a 100% corresponderão à máxima eficiência, não sendo esperadas folgas de capacidade ou de produção para as unidades eficientes;
- O modelo do tipo CCR não será considerado na análise, apesar de não existir nenhum impedimento à sua utilização. No entanto, o modelo BCC se aplica muito mais ao escopo e ao perfil da análise dos resultados a que este estudo se propõe, deixando apenas como sugestão a expansão da análise para retornos constantes de escala e comparação entre os dois modelos, por meio de medidas como a eficiência de escala.

Com isso, tendo estabelecidas as premissas e as limitações do modelo para o caso do SUS-RJ, pode-se afirmar que este se encontra pronto para ser executado. A seção seguinte destina-se, portanto, a apresentar o framework em R para a execução de modelos de DEA. Será apresentada, portanto, a estrutura de entrada de dados no R (importação), o código para execução de modelos DEA a partir do pacote *Benchmarking*, apresentado anteriormente, e a estrutura de saída dos dados do R (exportação).

Framework de DEA em R

Como visto anteriormente neste capítulo, na seção de Introdução ao software R, uma das maneiras mais utilizadas e recomendadas de importação de dados para o R é por meio da área de transferência (do inglês, *clipboard*). Isto se dá porque, geralmente, as bases de dados são armazenadas em softwares dos mais variados, de acordo com a aplicação e necessidade e/ou facilidade de manuseio e tratamento dos dados. Dessa forma, é possível importar dados de qualquer outro software sem a necessidade do estabelecimento prévio de algum tipo de interface entre o R e o software no qual a base de dados encontra-se armazenada, o que certamente geraria um trabalho adicional, despendendo mais tempo e esforços por parte do usuário.

Dito isso, o software mais utilizado para armazenamento e manuseio de bases de dados deste tipo é o MS Excel, uma vez que possui um sem número de funcionalidades, permitindo o tratamento prévio dos dados (anterior à importação para o R), bem como o tratamento posterior das informações de resultados (após a exportação do R). Este será, portanto, o software utilizado como padrão neste estudo para o desenvolvimento do framework de DEA em R. Naturalmente, o usuário que utilizar outros softwares para o tratamento de seus dados poderá adaptar os procedimentos que serão aqui demonstrados, ou, em último caso, lançar mão do framework apresentado neste estudo e utilizar o MS Excel como interface entre o R e o software que por ventura opte por utilizar para o tratamento dos dados.

No entanto, algumas premissas, no que diz respeito ao formato dos dados, devem ser consideradas para a correta importação do MS Excel para o R, via área de transferência. Estas premissas são as seguintes:

- Nenhum campo deve conter espaço, vírgula, ponto ou quaisquer outros caracteres especiais;
- Os campos contendo nomes (de DMUs, inputs, outputs), além dos listados acima, não podem possuir também acento, cedilha ou quaisquer outros caracteres especiais;
- Os campos contendo valores numéricos, além dos listados acima, não podem possuir também separação decimal, separação por milhar ou quaisquer outros caracteres especiais e/ou formato diferenciado (porcentagem, moeda etc.);
- Além disso, recomenda-se não utilizar quaisquer outros tipos de formatação e/ou espaçamento para os campos que serão importados.

Após este tratamento prévio para adequação da base de dados ao formato correto, esta se encontra pronta para ser importada para o R. A seguir, as Figuras 5 e 6 ilustram o formato das bases de input e output do modelo do SUS-RJ, para importação em R. Vale lembrar que, no momento da importação, deve-se copiar separadamente inputs e outputs para a área de transferência, uma vez que ambos serão atribuídos a variáveis diferentes no código de DEA em R, como elucidado de forma preliminar no início deste capítulo. Mais adiante, este passo será tratado de forma mais detalhada, com aplicação para o caso específico em estudo.

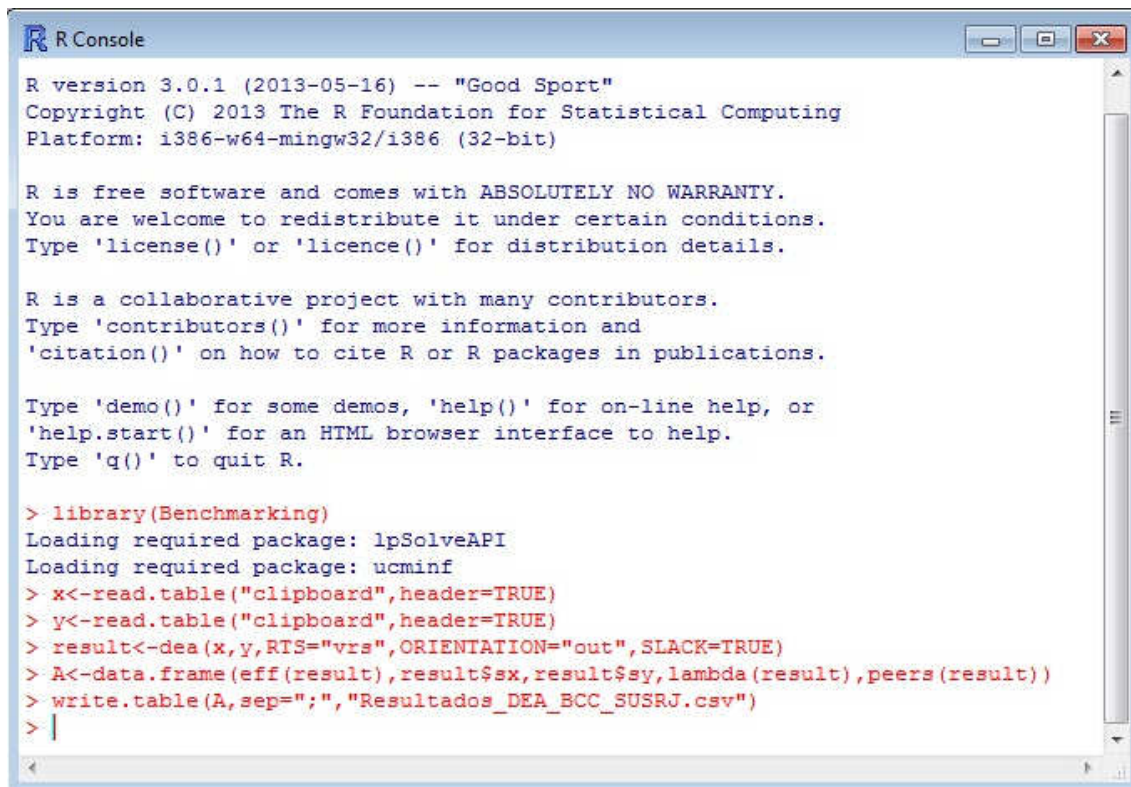
MUNICIPIO	Input1	Input2	Input3	Input4	Input5	Input6	Input7	Input8	
Angra_dos_Reis	531	10	164	25	53	35	35	311	
Aperibe	50	4	35	0	6	1	4	58	
Araruama	285	15	203	30	32	8	25	97	
Areal	45	0	46	0	16	0	4	70	
Armacao_dos_Buzios	103	7	46	5	10	9	4	57	
Arraial_do_Cabo	57	2	75	15	16	2	0	68	
Barra_do_Pirai	389	8	193	9	69	17	9	139	
Barra_Mansa	585	7	245	17	65	34	6	186	
Belford_Roxo	462	11	366	13	80	34	17	273	
Bom_Jardim	71	2	61	2	15	2	0	35	
Bom_Jesus_do_Itabapoana	191	9	310	7	11	1	2	82	
Cabo_Frio	493	24	334	43	41	49	52	268	
Cachoeiras_de_Macacu	168	0	103	2	20	3	8	108	
Cambuci	41	0	45	6	7	4	3	21	
Campos_dos_Goytacazes	1819	28	1267	136	229	77	72	902	
Cantagalo	89	7	62	0	3	1	4	79	
Carapebus	40	0	0	0	0	2	0	30	
Cardoso_Moreira	42	1	0	0	0	0	0	13	
Carmo	52	8	34	4	8	1	5	84	
Casimiro_de_Abreu	89	3	97	3	12	4	6	98	
Comendador_Levy_Gasparian	36	4	0	0	0	0	0	51	
Conceicao_de_Macabu	59	4	71	0	3	3	0	29	
Cordeiro	86	0	56	0	10	3	0	67	
Duas_Barras	43	2	16	0	14	1	2	47	
Duque_de_Caxias	1871	43	658	57	282	159	99	658	
Engenheiro_Paulo_de_Frontin	52	2	39	0	14	1	5	99	
Guapimirim	42	4	67	0	2	2	1	30	
Iguaba_Grande	43	0	0	0	0	3	3	51	
Itaboraí	435	43	296	10	28	32	16	215	
Itaguaí	412	19	90	5	5	46	29	226	
Italva	52	12	0	0	0	1	5	26	
Itaocara	71	3	55	9	3	2	6	75	
Itaperuna	603	47	295	40	34	26	3	220	
Itatiaia	98	7	33	0	10	4	1	104	
Japeri	74	15	163	0	61	4	45	85	
Laje_do_Muriae	31	0	51	0	12	1	0	35	
Macae	1149	33	231	17	19	30	32	203	
Macuco	15	0	0	0	0	0	0	20	
Mage	472	5	231	1	79	29	41	438	
Mangaratiba	95	19	62	0	13	3	3	129	
Marica	164	9	73	4	33	6	6	58	
Mendes	81	1	38	0	6	8	0	38	
Mesquita	232	7	89	8	10	21	15	164	
Miguel_Pereira	136	6	71	3	19	3	4	151	
Miracema	82	7	43	8	16	18	10	103	
Natividade	56	0	43	0	6	1	6	39	
Nilopolis	542	2	109	22	66	29	14	112	
Niteroi	3192	71	1196	95	304	110	140	454	
Nova_Friburgo	850	12	460	24	71	15	23	147	
Nova_Iguacu	1543	32	491	58	84	53	53	501	
Paracambi	117	9	335	0	22	7	7	68	
Paraiba_do_Sul	146	18	107	7	14	3	6	91	
Paraty	92	4	34	2	0	7	3	53	
Paty_do_Alferes	68	0	0	0	0	0	0	99	
Petropolis	991	16	1052	52	138	57	53	380	
Pinheiral	44	0	41	0	3	3	0	70	
Pirai	84	0	42	2	11	4	9	119	
Porciuncula	90	2	50	4	0	7	0	51	
Porto_Real	65	0	44	6	6	4	0	116	
Quatis	52	1	232	0	2	10	5	34	
Queimados	192	8	245	3	4	16	17	127	
Quissama	49	3	70	8	4	4	7	108	
Resende	735	24	138	22	64	23	28	332	
Rio_Bonito	269	16	108	12	41	10	10	192	
Rio_Claro	63	8	27	1	0	0	6	56	
Rio_das_Flores	37	1	15	0	1	3	1	76	
Rio_das_Ostras	270	0	106	3	16	5	10	122	
Rio_de_Janeiro	15047	454	12633	1226	1916	807	1208	4107	
Santa_Maria_Madalena	47	3	50	3	3	4	3	96	
Santo_Antonio_de_Padua	146	11	152	11	14	5	1	87	
Sao_Fidelis	93	0	104	8	22	2	0	70	
Sao_Francisco_de_Itabapoana	75	1	56	0	8	5	8	101	
Sao_Goncalo	1786	63	1702	44	214	72	411	485	
Sao_Joao_da_Barra	88	0	42	1	15	0	0	88	
Sao_Joao_de_Meriti	619	14	322	42	67	36	49	264	
Sao_Jose_de_Uba	20	2	0	0	0	2	2	19	
Sao_Jose_do_Vale_do_Rio_Preto	63	2	54	1	1	3	1	79	
Sao_Pedro_da_Aldeia	150	22	49	1	22	4	12	65	
Sao_Sebastiao_do_Alto	36	2	39	4	2	6	6	44	
Sapucaia	43	0	0	0	0	1	4	44	
Saquarema	192	8	60	5	6	7	23	116	
Seropedica	90	12	0	0	0	9	8	52	
Silva_Jardim	76	9	36	0	2	6	6	33	
Sumidouro	53	2	28	0	6	0	2	80	
Tangua	48	0	160	0	0	12	1	67	
Teresopolis	552	17	295	15	43	30	4	147	
Trajano_de_Moraes	34	0	38	3	3	2	0	29	
Tres_Rios	411	5	257	9	19	13	27	269	
Valenca	367	6	236	9	29	19	7	177	
Varre-Sai	22	2	39	2	5	4	0	43	
Vassouras	244	3	437	33	9	6	7	204	
Volta_Redonda	1304	25	295	47	53	51	22	362	

Figura 5: Base de dados de inputs em formato correto para importação no R.

MUNICIPIO	Output1	Output2	Output3	Output4	Output5
Angra_dos_Reis	374	312	304692	387812	1491276
Aperibe	103	28	41081	26373	37275
Aruama	351	248	472763	63476	601481
Areal	17	19	7139	19900	75999
Armacao_dos_Buzios	81	27	50903	11282	94661
Arraial_do_Cabo	85	55	30846	40648	59831
Barra_do_Pirai	549	390	345856	74782	789170
Barra_Mansa	710	475	983610	142057	883030
Belford_Roxo	1170	243	669144	1010480	4214098
Bom_Jardim	136	97	49567	42828	82502
Bom_Jesus_do_Itabapoana	285	122	253131	74599	215137
Cabo_Frio	535	406	768527	152942	1738735
Cachoeiras_de_Macacu	182	161	75724	83190	222205
Cambuci	92	68	40697	5997	48387
Campos_dos_Goytacazes	2319	1706	3658481	770852	4930141
Cantagalo	120	80	44965	28171	83264
Carapebus	0	0	0	13059	44951
Cardoso_Moreira	0	0	0	13267	5235
Carmo	109	84	37559	11550	35039
Casimiro_de_Abreu	90	48	31006	75336	263611
Comendador_Levy_Gasparian	0	0	0	17578	26561
Conceicao_de_Macabu	14	18	4231	29980	81221
Cordeiro	135	64	54249	37251	114585
Duas_Barras	31	26	10599	10480	35993
Duque_de_Caxias	729	1233	903546	738634	4086909
Engenheiro_Paulo_de_Frontin	27	16	9695	35357	97875
Guapimirim	113	125	63376	19844	61968
Iguaba_Grande	0	0	0	49603	94249
Itaboraí	484	905	252069	313133	1144605
Itaguaí	179	158	82308	104578	386111
Italva	0	0	0	18233	57899
Itaocara	192	129	93045	35581	144491
Itaperuna	705	655	2430804	117884	1461504
Itatiaia	65	32	31545	39998	176623
Japeri	212	123	132956	149903	844083
Laje_do_Muriae	0	8	0	11615	46182
Macae	778	352	445490	268826	1342717
Macuco	0	0	0	14020	29205
Mage	651	573	311529	389529	1741813
Mangaratiba	167	130	72610	78546	144133
Marica	0	187	0	56270	305758
Mendes	17	17	6930	48898	125505
Mesquita	215	0	105600	78752	180320
Miguel_Pereira	260	156	103814	28066	72170
Miracema	182	120	84430	14684	103272
Natividade	76	37	33356	45373	284815
Nilopolis	69	5	31822	115597	982825
Niteroi	808	1064	1006480	1255864	3785526
Nova_Friburgo	600	672	1316624	122137	1066601
Nova_Iguacu	1081	1388	967898	913927	3610123
Paracambi	160	197	434519	70719	420188
Paraiba_do_Sul	442	103	637715	67285	244608
Paraty	84	17	36832	104755	149430
Paty_do_Alfere	0	0	0	0	0
Petropolis	989	987	2559670	314332	2239700
Pinheiral	32	39	11607	30038	135220
Pirai	124	61	62569	49496	245463
Porciuncula	40	17	15990	45046	123337
Porto_Real	95	63	67162	44674	173478
Quatis	64	20	250394	15880	71390
Queimados	567	0	377099	90532	729107
Quissama	102	69	103605	54928	158953
Resende	644	344	497769	157499	778688
Rio_Bonito	451	286	273679	116431	867660
Rio_Claro	3	19	1478	22223	74474
Rio_das_Flores	45	11	17033	21578	41288
Rio_das_Ostras	325	253	172894	50695	317491
Rio_de_Janeiro	18709	16458	23501965	7212638	33804146
Santa_Maria_Madalena	45	30	17621	17672	29864
Santo_Antonio_de_Padua	354	149	146569	27846	432636
Sao_Fidelis	228	140	177352	40234	146320
Sao_Francisco_de_Itabapoana	31	64	14025	48899	70613
Sao_Goncalo	2834	2087	2356330	830167	3785010
Sao_Joao_da_Barra	91	14	35975	63813	125756
Sao_Joao_de_Meriti	655	325	307125	624957	2787751
Sao_Jose_de_Uba	0	0	0	4325	6323
Sao_Jose_do_Vale_do_Rio_Preto	35	55	16807	27175	90836
Sao_Pedro_da_Aldeia	94	2	42398	90904	448119
Sao_Sebastiao_do_Alto	52	17	25479	10167	82388
Sapucaia	0	0	0	35873	69946
Saquarema	158	142	65619	84618	313240
Seropedica	0	0	0	140814	425864
Silva_Jardim	16	27	7093	26855	74215
Sumidouro	20	7	6183	12393	48787
Tangua	19	4	239013	12653	76765
Teresopolis	678	622	893248	202262	930716
Trajano_de_Moraes	52	45	21519	15412	37225
Tres_Rios	449	277	469889	182064	965818
Valenca	588	265	381438	77171	638416
Varre_Sai	0	10	0	19188	31062
Vassouras	292	346	800117	58753	546225
Volta_Redonda	1226	902	1471529	374540	2608078

Figura 6: Base de dados de outputs em formato correto para importação no R.

Com a base de dados pronta para ser importada para o R, o próximo passo é a implementação do código no ambiente de programação do software. Como visto anteriormente, este código é elaborado a partir de funções provenientes do pacote *Benchmarking*, que contém os métodos básicos para a análise de fronteira inerente à metodologia DEA, como as abordagens do tipo CCR ou BCC, possibilidade de comportar orientações baseadas em input ou output, e as medidas tradicionais de eficiência (regular, super-eficiência, eficiência direcional, etc.), além da possibilidade de identificação de pares de referência e folgas (do inglês, *slacks*). Vale lembrar que existem outros pacotes que também sustentam a análise de fronteira de DEA, porém, dado o escopo e o perfil da análise deste estudo, as funcionalidades do pacote *Benchmarking* mostram-se suficientes para alcançar o objetivo proposto. A seguir, na Figura 7, é apresentado o código necessário para análise de DEA deste estudo, conforme implementado no ambiente de programação do R. Este mesmo código encontra-se disponível no Anexo C deste estudo, de modo que o leitor deverá perceber que, como elucidado anteriormente, trata-se de uma programação extremamente simples e curta, podendo as principais medidas de eficiência, como escores, pesos e folgas, serem obtidas a partir de uma única linha do código. Isto apenas evidencia amplitude de possibilidades que o R proporciona, não apenas para estudos de DEA, mas para aplicação de técnicas estatísticas e manipulação de dados em geral, visto que seu ambiente permite o tratamento e a obtenção de uma grande quantidade de informações em poucas linhas de programação.



```
R Console
R version 3.0.1 (2013-05-16) -- "Good Sport"
Copyright (C) 2013 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: i386-w64-mingw32/i386 (32-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

> library(Benchmarking)
Loading required package: lpSolveAPI
Loading required package: ucminf
> x<-read.table("clipboard",header=TRUE)
> y<-read.table("clipboard",header=TRUE)
> result<-dea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="out",SLACK=TRUE)
> A<-data.frame(eff(result),result$sx,result$sy,lambda(result),peers(result))
> write.table(A,sep=";", "Resultados_DEA_BCC_SUSRJ.csv")
> |
```

Figura 7: Código para o modelo de DEA implementado em R.

Como mencionado neste mesmo capítulo, na seção de Introdução ao software R, linhas em vermelho no ambiente de programação correspondem aos comandos implementados pelo usuário, enquanto linhas em azul são os resultados destes comandos. A título de demonstração, optou-se por não apresentar os resultados dos comandos para não poluir a tela do R na imagem, de modo que a Figura 7 pudesse permanecer da forma mais didática possível. Além disso, os resultados serão exportados para uma planilha em MS Excel, sendo redundante exibi-los no próprio R. Dito isso, o código será desmembrado a seguir, de modo a elucidar detalhadamente o sentido de cada linha da programação e corroborar a simplicidade do software:

Linha 1: library(Benchmarking)

Primeiramente, o pacote *Benchmarking*, devidamente baixado e localizado na biblioteca de pacotes do computador do usuário, deve ser carregado para que se possam executar as funcionalidades do mesmo para a análise de DEA.

Linha 2: x<-read.table("clipboard",header=TRUE)

Em seguida, são atribuídos os valores dos inputs a uma variável denominada *x*. Estes valores, como explicitado no início desta seção, devem estar em formato de tabela e obedecendo as premissas de formatação para que a importação seja efetuada com sucesso. A partir daí, estes valores são copiados para a área de transferência (do inglês, *clipboard*), selecionando-se para a cópia apenas as colunas referentes aos inputs, conforme mostra a Figura 8:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	MUNICIPIO	Input1	Input2	Input3	Input4	Input5	Input6	Input7	Input8				
2	Angra_dos_Reis	531	10	164	25	53	35	35	311				
3	Aperibe	50	4	35	0	6	1	4	58				
4	Araruama	285	15	203	30	32	8	25	97				
5	Areal	45	0	46	0	16	0	4	70				
6	Armacao_dos_Buzios	103	7	46	5	10	9	4	57				
7	Arraial_do_Cabo	57	2	75	15	16	2	0	68				
8	Barra_do_Pirai	389	8	193	9	69	17	9	139				
9	Barra_Mansa	585	7	245	17	65	34	6	186				
10	Belford_Roxo	462	11	366	13	80	34	17	273				
11	Bom_Jardim	71	2	61	2	15	2	0	35				
12	Bom_Jesus_do_Itabapoana	191	9	310	7	11	1	2	82				
13	Cabo_Frio	493	24	334	43	41	49	52	268				
14	Cachoeiras_de_Macacu	168	0	103	2	20	3	8	108				
15	Cambuci	41	0	45	6	7	4	3	21				
16	Campos_dos_Goytacazes	1819	28	1267	136	229	77	72	902				
17	Cantagalo	89	7	62	0	3	1	4	79				
18	Carapebus	40	0	0	0	0	2	0	30				
19	Cardoso_Moreira	42	1	0	0	0	0	0	13				
20	Carmo	52	8	34	4	8	1	5	84				
21	Casimiro_de_Abreu	89	3	97	3	12	4	6	98				
22	Comendador_Levy_Gasparian	36	4	0	0	0	0	0	51				
23	Conceicao_de_Macabu	59	4	71	0	3	3	0	29				
24	Cordeiro	86	0	56	0	10	3	0	67				
25	Duas_Barras	43	2	16	0	14	1	2	47				
26	Duque_de_Caxias	1871	43	658	57	282	159	99	658				
27	Engenheiro_Paulo_de_Frontin	52	2	39	0	14	1	5	99				
28	Guapimirim	42	4	67	0	2	2	1	30				
29	Iguaba_Grande	43	0	0	0	0	3	3	51				
30	Itaboraí	435	43	296	10	28	32	16	215				
31	Itaguaí	412	19	90	5	5	46	29	226				
32	Italva	52	12	0	0	0	1	5	26				

Figura 8: Procedimento de cópia dos inputs para a área de transferência.

O trecho final desta linha do código indica, ainda, que a primeira linha da tabela de valores que foi importada corresponde ao cabeçalho, isto é, aos nomes (siglas) dos inputs (no exemplo da figura: “Input1”, “Input2”, “Input3” etc.).

Em nosso caso, a base de dados completa, com os valores de input importados para o modelo em R, foi aquela apresentada na Figura 5.

Linha 3: `y<-read.table("clipboard",header=TRUE)`

Trecho do código correspondente à importação dos outputs do modelo e atribuição dos valores a uma variável *y*. A explicação e o procedimento de importação são exatamente os mesmos que os demonstrados para a linha anterior. A Figura 9 ilustra a seleção para importação dos dados de output:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	MUNICIPIO	Output1	Output2	Output3	Output4	Output5							
2	Angra_dos_Reis	374	312	304692	387812	1491276							
3	Aperibe	103	28	41081	26373	37275							
4	Araruama	351	248	472763	63476	601481							
5	Areal	17	19	7139	19900	75999							
6	Armacao_dos_Buzios	81	27	50903	11282	94661							
7	Arraial_do_Cabo	85	55	30846	40648	59831							
8	Barra_do_Pirai	549	390	345856	74782	789170							
9	Barra_Mansa	710	475	983610	142057	883030							
10	Belford_Roxo	1170	243	669144	1010480	4214098							
11	Bom_Jardim	136	97	49567	42828	82502							
12	Bom_Jesus_do_Itabapoana	285	122	253131	74599	215137							
13	Cabo_Frio	535	406	768527	152942	1738735							
14	Cachoeiras_de_Macacu	182	161	75724	83190	222205							
15	Cambuci	92	68	40697	5997	48387							
16	Campos_dos_Goytacazes	2319	1706	3658481	770852	4930141							
17	Cantagalo	120	80	44965	28171	83264							
18	Carapebus	0	0	0	13059	44951							
19	Cardoso_Moreira	0	0	0	13267	5235							
20	Carmo	109	84	37559	11550	35039							
21	Casimiro_de_Abreu	90	48	31006	75336	263611							
22	Comendador_Levy_Gasparian	0	0	0	17578	26561							
23	Conceicao_de_Macabu	14	18	4231	29980	81221							
24	Cordeiro	135	64	54249	37251	114585							
25	Duas_Barras	31	26	10599	10480	35993							
26	Duque_de_Caxias	729	1233	903546	738634	4086909							
27	Engenheiro_Paulo_de_Frontin	27	16	9695	35357	97875							
28	Guapimirim	113	125	63376	19844	61968							
29	Iguaba_Grande	0	0	0	49603	94249							
30	Itaboraí	484	905	252069	313133	1144605							
31	Itaguaí	179	158	82308	104578	386111							
32	Italva	0	0	0	18233	57899							

Figura 9: Procedimento de cópia dos outputs para a área de transferência.

Em nosso caso, a base de dados completa, com os valores de output importados para o modelo em R, foi aquela apresentada na Figura 6.

Linha 4: `result<-dea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="out",SLACK=TRUE)`

Nesta linha, é utilizada uma das funções primordiais do pacote *Benchmarking*, denominada *dea*, que serve para efetivamente criar modelos de DEA, estimando a fronteira e calculando as medidas tradicionais de eficiência. Em outras palavras, esta linha do código indica que um modelo de DEA é atribuído a uma variável denominada *result*, em que: a) *x* corresponde aos inputs considerados; b) *y* corresponde aos outputs considerados; c) o tipo de modelo considerado é o BCC, ou de retornos de escala variáveis (VRS); d) a orientação do modelo é dada por outputs, isto é, com objetivo de maximização dos produtos; e e) o modelo considerou a possibilidade de folgas de capacidade e/ou folgas de produção, isto é, folgas nos inputs e outputs, que poderão ser utilizadas para uma melhor análise e interpretação dos resultados.

É importante ressaltar que as premissas adotadas nesta linha do código, para definição do modelo de DEA a ser implementado no R, são rigorosamente as mesmas apresentadas neste mesmo capítulo, quando da definição das premissas para o modelo proposto para o caso do SUS-RJ.

Linha 5: A<-data.frame(eff(result),result\$sx,result\$sy,lambda(result),peers(result))

Esta linha do código corresponde ao início do procedimento de exportação dos resultados, com a seleção dos dados e criação do respectivo framework de exportação (da abreviação do código, *data frame*), atribuindo-o a uma variável *A* qualquer. Em outras palavras, é criado o arcabouço, em forma de tabela, no qual os dados serão exportados, com esta tabela contendo tantas colunas quanto for o número de informações que se quer extrair do modelo. Em nosso caso, optou-se por extrair as medidas tradicionais de eficiência, como os escores de eficiência (*eff(result)*), as folgas de input e output (*result\$sx* e *result\$sy*), os pesos lambda (*lambda(result)*) e os pares de referência ou *benchmarking* de cada DMU (*peers(result)*).

Linha 6: write.table(A,sep=";", "Resultados_DEA_SUSRJ.csv")

A linha final do código diz respeito, justamente, à transcrição do framework criado anteriormente para um arquivo de tipo qualquer a ser definido pelo usuário. Trata-se de um trecho do código bastante intuitivo: o framework armazenado na variável *A* é transcrito na forma de tabela em um arquivo com nome e extensão a serem definidos pelo usuário. Tendo em vista o estabelecimento prévio do MS Excel como software padrão para o manuseio e tratamento dos dados, a exportação também será realizada para um arquivo deste tipo. No caso, é recomendado utilizar arquivos com extensão do tipo *.csv* ao invés dos tradicionais *.xlsx*, pois estes arquivos preservam o formato correto dos dados. Por fim, deve-se indicar também que a separação desejada para as informações contidas no framework seja realizada por meio de ponto e vírgula. Isto garante que, na tabela gerada no arquivo *.csv*, cada informação seja armazenada em uma coluna diferente, assegurando o formato correto da tabela e mantendo a integridade dos dados.

Obs².: Antes de executar a extração dos resultados, é recomendável que o usuário altere as configurações de formato de número no MS Excel, no que diz respeito aos separadores decimais e separadores de milhar, de modo a evitar que os dados sejam exibidos em formato incorreto. Isto porque o R é um software em inglês e, portanto, os resultados serão exibidos segundo o formato norte-americano, ou seja, utilizando a vírgula como separador de milhar e o ponto como separador decimal, ao contrário do formato em português. Para alterar estas configurações, basta o usuário, com o MS Excel aberto, proceder conforme os passos seguintes: a) clicar no Botão Office; b) clicar

em “Opções do Excel”; clicar na aba “Avançado”; d) desmarcar a opção “Usar separadores de sistema”; e) alterar os campos de “Separador decimal” e “Separador de milhar” conforme descrito nesta observação. Em seguida, deve-se reiniciar o MS Excel e, após executar a exportação dos resultados do R, ao abrir a planilha, os dados deverão ser exibidos corretamente. Com isso, o arquivo em MS Excel com os dados exportados deverá ser semelhante ao indicado na Figura 10, a seguir:

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
2	DMU	eff	sx1	sx2	sx3	sx4	sx5	sx6	sx7	sx8	sy1	sy2	sy3	sy4	sy5	L2	L4	L6	L7	L8
3	1	1.043106	101.7394	0	0	10.86427	21.8922	15.55384	18.77501	129.2361	37.02804	0	0	0	19286.57	0	0	0	0	0
4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5	3	1.108577	0	4.265933	0	20.84423	0.864066	0	7.115785	0	0	0	0	56116.4	0	0	0	0	0	0
6	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	5	2.324742	0	0	0	1.15629	3.067932	5.944989	1.011646	0	0	1.681001	134312	25976.47	0	0	0	0	0	0
8	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	12	1.204711	0	0	10.36879	22.38818	0	20.69673	38.23337	35.92823	130.93	0	0	245917.3	0	0	0	0	0	0
15	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	20	1.635581	0	0.432827	27.49288	0	0	0	2.926301	27.29633	42.81465	0	51259.91	0	39386.17	0	0	0	0	0
23	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	24	1.105585	14.42147	0	0	0	12.16026	0.35576	1.640854	14.42722	0	0	4611.689	9608.792	7282.16	0	0	0	0	0
27	25	1.01518	487.5572	10.84436	0	0	171.1559	102.0806	24.26403	185.6059	665.0792	0	293783.8	261045.8	0	0	0	0	0	0
28	26	1.221606	0	0.447942	1.171913	0	8.127522	0	0	56.10936	37.73295	18.73195	19415.07	0	114105	0	0	0	0	0
29	27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	30	1.05627	278.421	7.724774	0	0	36.54659	20.72219	139.455	0	0	27817.84	0	0	0	0	0	0	0	0
33	31	1.265622	28.66667	10.66667	0	0	0	0	4.111111	7.444444	0	0	5032.144	0	0	0	0	0	0	0
34	32	1.05627	278.421	7.724774	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 10: Imagem do arquivo de saída do R com os resultados do modelo em MS Excel.

Deve-se notar que os resultados são exibidos de acordo com a ordem de saída programada em R, no framework da tabela de exportação, e organizados por DMU. Assim, na primeira coluna são exibidos os números de referência para cada DMU (de 1 a 92, em nosso caso), e nas colunas seguintes são exibidos os resultados: a) escores de eficiência; b) folgas referentes a cada um dos inputs (de capacidade); c) folgas referentes a cada um dos outputs (de produção); d) pesos lambda referentes a cada uma das unidades eficientes, de modo a possibilitar as combinações ponderadas de *benchmarking* para as unidades ineficientes; e e) as unidades de referência ou *benchmarking* para cada DMU. Cabe reparar, ainda, que os resultados são, de fato, exibidos conforme o formato norte-americano, com os pontos fazendo o papel das vírgulas e indicando, na realidade, a separação decimal. Naturalmente, em virtude da quantidade de DMUs do modelo e do número de informações referentes a cada uma delas nos resultados, não foi possível exibir tudo que foi exportado do R na Figura 10. As tabelas completas, constando todos os resultados do modelo, podem ser encontradas no Anexo D, e a interpretação destes resultados será feita no capítulo seguinte.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os valores médios, mínimos e máximos, bem como o desvio-padrão das variáveis de input e output consideradas no modelo. É possível perceber, portanto, que o Estado do Rio de Janeiro apresentou grande variação de porte e escala no que diz respeito ao serviço prestado pelo SUS em cada município, o que deve ser considerado quando da comparação das unidades semelhantes e da identificação dos *benchmarks*.

Tabela 2: Estatísticas descritivas das variáveis do modelo de DEA para o caso do SUS-RJ.

VARIÁVEL	SIGLA	Média	Máximo	Mínimo	Desvio-padrão
Número total de consultórios (Ambulatório)	Input1	469	15047	15	1618
Número de leitos de repouso e observação (Ambulatório)	Input2	14	454	0	48
Número de leitos de internação (Hospitalar)	Input3	309	12633	0	1329
Número de leitos complementares (Hospitalar)	Input4	25	1226	0	128
Número total de instalações físicas de obstetrícia e neonatologia (Hospitalar)	Input5	51	1916	0	204
Número de consultórios médicos (Urgência)	Input6	24	807	0	86
Número de leitos de repouso e observação (Urgência)	Input7	30	1208	0	133
Número de equipamentos disponíveis	Input8	182	4107	13	439
Número de internações por local de internação	Output1	499	18709	0	1972
Número de óbitos por local de internação	Output2	405	16458	0	1734
Valor total de procedimentos hospitalares por local de internação (em R\$)	Output3	575413,13	23501965,21	0,00	2494165,36
Quantidade aprovada de produção ambulatorial por local de atendimento	Output4	214198	7212638	0	774333
Valor aprovado de produção ambulatorial por local de atendimento (em R\$)	Output5	1020633,26	338044145,57	0,00	3618360,88

Naturalmente, não cabe discutir os resultados obtidos para cada uma das 92 DMUs individualmente. Portanto, ao longo desta seção, serão discutidos resultados pontuais e mais representativos, com o objetivo de elucidar algumas das diversas análises que podem ser realizadas a partir dos resultados obtidos de um modelo de DEA. As tabelas completas com todos os resultados para o modelo BCC do SUS-RJ, contendo os escores de eficiência, as folgas de capacidade e de produção, os pesos lambda e os *benchmarkings* para cada DMU ineficiente, podem ser encontradas no Anexo D.

Em primeiro lugar, pode-se notar que, de um total de 92 DMUs, o modelo considerou que 71 correspondem a unidades eficientes, do ponto de vista das premissas e das variáveis consideradas na modelagem. Esta aparente baixa capacidade discriminatória do modelo, decorrente da alta concentração de unidades com escores iguais a 1,00, pode intrigar o observador. No entanto, Marinho e Façanha (2000) esclarecem que esta característica é comum em modelos de DEA, não devendo configurar motivo de maiores preocupações. Os mesmos autores assinalam, ainda, que eficiências máximas não traduzem falta de problemas, porém a frequência, magnitude e o tipo de problemas encontrados nas unidades ineficientes recomendam investigações e cuidados com todo o sistema.

Como esperado, tendo em vista que o modelo para este estudo não levou em consideração a lógica de Pareto-Koopmans, todas as unidades com eficiência igual a 100% não apresentaram quaisquer folgas de capacidade ou de produção, isto é, este escore traduz a máxima eficiência da unidade. Além disso, pode-se observar que as unidades eficientes funcionam como *benchmarking* para elas próprias. Nos resultados do modelo, isto pode ser verificado de duas formas: a) na tabela referente aos pesos lambda, as unidades eficientes possuem peso igual a 1,00 em uma única coluna, que é a referente a ela própria; e b) na tabela referente aos pares de referência ou *benchmarking*, as unidades eficientes possuem apenas uma unidade de referência, que também é ela própria. Por exemplo, selecionando-se uma unidade eficiente qualquer, como o município de Guapimirim, o leitor pode observar que todas as colunas referentes às folgas, no Anexo D, estão com valores zerados, assim como todas as colunas referentes aos pesos lambda, no mesmo Anexo, com exceção da coluna “L27”, referente à própria unidade, que está preenchida com valor igual a 1,00. Adicionalmente, nas colunas referentes aos pares de eficiência, apenas a primeira coluna “peer1” encontra-se

preenchida com o valor 27, novamente indicando que a unidade eficiente é *benchmarking* dela mesmo. O leitor poderá verificar estes resultados para todas as demais eficientes fornecidas pelo modelo.

Entre as unidades ineficientes, os resultados podem ser interpretados a partir de raciocínio análogo. Pode-se perceber, por exemplo, que o município de Araruama é o que possui o maior número de *benchmarks* para suas operações, totalizando 8 unidades eficientes que poderiam ser utilizadas como alvo para alavancar seu desempenho. O município apresentou um escore de eficiência de 110,9% (ou 89,1%), o que indica que deve aumentar em 10,9% a sua produção de outputs para atingir a eficiência máxima. Isto significa dizer que, a partir da observação dos resultados de folgas de outputs, na primeira tabela do Anexo D, o município deveria elevar em 56.116 a sua quantidade aprovada de produção ambulatorial por local de atendimento (Output4). Os resultados de folgas de inputs, na mesma tabela, evidenciam, no entanto, que mesmo com este aumento na produção de outputs, Araruama ainda não alcançaria a eficiência máxima, pois ainda existe potencial para redução no consumo de seus inputs. Este potencial está relacionado a uma redução de 4 leitos de repouso e observação de caráter ambulatorial (Input2), 21 leitos complementares de caráter hospitalar (Input4), 1 instalação física de obstetrícia e neonatologia de caráter hospitalar (Input5) e 7 leitos de repouso e observação de caráter de urgência (Input7). Além disso, com base nos *benchmarkse* nos pesos lambda oferecidos pelo modelo, pode-se afirmar que o município de Araruama poderia elevar o desempenho de sua operação com base em uma combinação ponderada das seguintes unidades eficientes: 5% da estrutura de Belford Roxo, 32% de Guapimirim, 13% de Itaocara, 2% de Itaperuna, 9% de Japeri, 20% de Nova Friburgo, 17% de Paraíba do Sul e 1% de São Gonçalo. É esperado que, em último caso, estas combinações ponderadas representem, justamente, os potenciais de aumento da produção de outputs e redução do consumo de inputs evidenciados pelas folgas. É interessante notar, assim, como o modelo de DEA automaticamente sugere caminhos de melhoria, desde os mais curtos, aproximando-se dos *benchmarks* mais próximos da unidade ineficiente (São Gonçalo, Itaperuna ou Belford Roxo, por exemplo), ou aqueles mais longos, cujas melhorias e/ou alterações nas operações e, conseqüentemente, no próprio desempenho da unidade, despenderiam, possivelmente, medidas de implantação um pouco mais demorada, dada a distância maior em relação ao respectivo conjunto de referência (Guapimirim e Nova Friburgo, por exemplo).

Pode-se destacar também o município de Casimiro de Abreu, representado como o mais ineficiente segundo o modelo BCC de DEA, com um escore de eficiência de 163,6% (ou 36,4%). Segundo os resultados, o município apresenta um potencial de aumento de 43 no número de internações por local de internação (Output1), R\$ 51.259,91 no valor total de procedimentos hospitalares por local de internação (Output3) e R\$ 39.386,17 no valor aprovado de produção ambulatorial por local de atendimento (Output5), bem como um potencial de redução de utilização de 27 leitos de internação de caráter hospitalar (Input3), 3 leitos de repouso e observação de caráter de urgência (Input7) e 27 equipamentos (Input8). No que diz respeito aos *benchmarks*, o mais próximo é o município de Belford Roxo ($\lambda = 9\%$), enquanto os mais distantes são os municípios de Macuco ($\lambda = 27\%$), Guapimirim ($\lambda = 24\%$) e São João da Barra ($\lambda = 22\%$).

É possível realizar, também, algumas inferências a partir dos municípios que mais consomem inputs e/ou produzem outputs. A Tabela 3, a seguir, apresenta o número de vezes que determinado município apareceu entre os top 5 que mais utilizam inputs e/ou produzem outputs em sua operação, além do número de vezes que este município foi designado como *benchmarking* para unidades ineficientes com escore entre 1,00 e 2,00 pelo modelo de DEA.

Tabela 3: Número de ocorrências de municípios no top 5 e como *benchmarking*.

MUNICÍPIO	Nº de ocorrências no top 5	Nº de ocorrências como <i>benchmarking</i>
Rio de Janeiro	13	2
Campos dos Goytacazes	11	0
São Gonçalo	11	3
Niterói	9	0
Duque de Caxias	9	0
Nova Iguaçu	4	3
Belford Roxo	3	11
Itaperuna	2	2
Petrópolis	2	0
Volta Redonda	1	5

Dentre todos os 8 inputs e 5 outputs considerados, o Rio de Janeiro é o que mais utiliza e/ou possui recursos disponíveis para consumo, e o que apresentou o maior número de saídas de output no ano de 2012, o que é esperado, por tratar-se da capital e grande metrópole do Estado, possuindo capacidades e demandas superiores aos demais municípios. No entanto, pode-se notar que ele aparece apenas 2 vezes como *benchmarking* para unidades ineficientes, e em ambas as vezes para municípios de maior porte: Duque de Caxias ($\lambda = 1\%$) e Niterói ($\lambda = 4\%$). Este fato torna-se particularmente interessante se considerarmos os valores baixos atribuídos aos pesos lambda, o que pode representar um indicativo de que os municípios de maior porte guardam semelhanças não apenas de escala, mas possivelmente de demanda e capacidade também. Este fato, embora, de certa forma, intuitivo, pode evidenciar uma tendência das unidades buscarem a melhoria de suas operações dentro de um mesmo grupo de escala semelhante, o que torna comum a análise com base em *clusters*, ou *clustering*.

Cabe destacar também que os dois municípios mencionados anteriormente (Duque de Caxias e Niterói), embora não tenham sido representados como unidades eficientes pelo modelo de DEA, apresentaram ocorrência como top 5 de consumo de inputs e/ou produção de outputs em 9 do conjunto de 13 variáveis de entrada e saída consideradas. Este fato, aliado à análise do parágrafo anterior e aos escores muito próximos da máxima eficiência obtidos para ambos os municípios (Duque de Caxias = 101,5% ou 98,5%; e Niterói = 100,9% ou 99,1%), podem ser um indicativo de que as duas cidades encontram-se com sua capacidade e demanda bem alinhadas, próximas da otimização de suas operações.

O município de Campos dos Goytacazes, embora seja outro de grande porte, com destacada ocorrência entre os que mais consomem recursos e geram produtos, não aparece como *benchmarking* para nenhuma das unidades ineficientes com escores entre 1,00 e 2,00. É interessante notar a relação existente entre as duas únicas variáveis em que o município de Campos não aparece como um dos top 5: número de leitos de repouso e observação de caráter ambulatorial (Input2) e quantidade aprovada de produção ambulatorial por local de atendimento (Output4). Ambas correspondem a variáveis da dimensão ambulatorial, o que pode ser um indicativo de que, nesta dimensão, o município vem operando com capacidades e demandas ótimas, contribuindo para o escore máximo de eficiência obtido pela DMU.

Vale ressaltar, ainda, a participação do município de Belford Roxo no modelo. O município apareceu 3 vezes como um dos que mais produzem as seguintes saídas: número de internações por local de internação (Output1), quantidade aprovada de produção ambulatorial por local de atendimento (Output4) e valor aprovado de produção ambulatorial por local de atendimento, em R\$ (Output5). Já no modelo de DEA, Belford Roxo foi o que mais funcionou como referência para unidades ineficientes, sendo apontado por 11 vezes como *benchmarking*. Dentre estes casos, cabe destacar a forte participação atribuída pelo modelo ao município da Baixada Fluminense como *benchmarking* para Niterói ($\lambda = 89\%$) e São João de Meriti ($\lambda = 66\%$). No primeiro caso, esta participação pode representar um indicativo de melhoria para Niterói no sentido de reduzir seu consumo de insumos conforme apontado pelas folgas de capacidade em 7 dos 8 inputs considerados, além de um aumento na produção de outputs conforme apontado pelas folgas de produção, sobretudo para os outputs 1 e 5. No segundo caso, esta participação, embora também represente um indicativo para

redução no consumo de alguns dos inputs, conforme corroborado pelas folgas de capacidade de São João de Meriti, talvez esteja mais relacionada ao aumento na produção de outputs, sobretudo os outputs 1 e 4. Naturalmente, para ambos os casos, os outros *benchmankings* apontados pelo modelo também devem ser levados em consideração quando da sugestão dos caminhos de melhoria.

Por fim, cabe explicar os resultados pouco coerentes de 4DMUs: Armação dos Búzios, Santa Maria Madalena, São José de Ubá e Silva Jardim, que apresentaram escores de eficiência superiores a 2,00, o que não é esperado em modelos de DEA. Por se tratarem de municípios com estrutura populacional pouco definida, é possível que algum aspecto qualitativo possa ter interferido na solução encontrada pelo modelo, como, por exemplo, o fato de estes municípios localizarem-se próximos a outros pólos de atendimento mais bem estruturados, o que pode fazer com que a população migre para estes pólos vizinhos em busca de um atendimento de melhor qualidade (por exemplo, um indivíduo sair da Armação dos Búzios para buscar atendimento em Cabo Frio). Possivelmente, estes aspectos de característica mais qualitativa poderiam ser capturados a partir da introdução de variáveis contextuais na análise e/ou da adoção de restrições aos pesos do modelo, numa tentativa de flexibilizá-lo. No entanto, como explicitado no capítulo Modelagem do problema, na seção O modelo proposto, uma das limitações deste estudo, no que diz respeito à elaboração do modelo do SUS-RJ, foi a de não tratar da adoção de pesos diferentes dos recomendados, restringindo a análise a (in)eficiências produtivas técnicas e garantindo que a distribuição dos pesos ocorresse sem qualquer interferência do analista.

5. CONCLUSÃO

Este projeto procurou avaliar o desempenho dos serviços oferecidos pelo Sistema Único de Saúde do Estado do Rio de Janeiro (SUS-RJ). Para isso, foi realizada uma revisão das metodologias e indicadores de desempenho existentes para este tipo de avaliação em âmbito nacional e, a partir daí, buscou-se utilizar a metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA) como forma alternativa de avaliação deste segmento da infra-estrutura, com o objetivo de construir uma fronteira empírica de eficiência para os serviços prestados. A partir da fronteira estimada, acredita-se ter sido possível avaliar o déficit relativo de cada município no que diz respeito aos serviços do SUS, partindo de algumas variáveis que caracterizaram a demanda e a capacidade de cada um destes municípios.

Os resultados de eficiência comparativa encontrados, nos quais 71 de um total de 92 municípios do Estado foram apontados como eficientes segundo as premissas e as variáveis do modelo considerado, parecem estar alinhados, de um modo geral, com as medidas para o setor empreendidas pelo governo estadual nos últimos dois anos. Tais medidas dizem respeito, principalmente, a dois aspectos: a) o aumento das taxas de cobertura dos programas de atenção básica, o que contribuiu para aliviar as filas das emergências dos hospitais; e b) os programas para garantir o estabelecimento de serviços de saúde nas comunidades de baixa renda, onde os problemas de segurança impediam a presença dos profissionais de saúde e/ou a população moradora de sair em busca destes serviços. No primeiro caso, o modelo criado de Clínicas da Família contribuiu para elevar a cobertura da atenção básica, com a estratégia sendo complementada a partir da criação das chamadas Unidades de Pronto Atendimento 24 horas (UPAs) em uma série de localidades de baixa renda, especificamente do município do Rio de Janeiro, o que facilitou o acesso aos serviços de emergência e média complexidade e, ao mesmo tempo, racionalizou a demanda por serviços de alta complexidade. Enquanto isso, no segundo caso, a criação das chamadas Unidades de Polícia Pacificadora (UPPs) garantiram maior segurança para a população das comunidades de baixa renda, iniciando um processo de pacificação das mesmas, o que também contribuiu para elevar o acesso da população aos serviços de saúde próximos.

No que diz respeito à análise dos resultados, esta evidenciou uma tendência nas unidades de escala semelhante em buscarem melhorias aproximando-se da operação umas das outras. Em outras palavras, unidades ineficientes de grande porte e que correspondem a regiões de população mais densamente concentrada, como Duque de Caxias e Niterói, tendem a desempenhar uma operação em nível similar a de outras unidades de grande porte, porém eficientes. Este fato levanta a questão das análises de DEA com base em grupos de DMUs, também chamados de *clusters*, o que poderia trazer resultados representativos neste sentido. Por outro lado, para municípios menos representativos, no que tange as variáveis consideradas para o modelo, os resultados apontaram para algum tipo de tendência migratória da população destas regiões com serviços de saúde pouco estruturados para pólos próximos de atendimento mais qualificado, o que pode ter exercido influência sobre os resultados do modelo, sobretudo nos escores de eficiência. De certa forma, isto está alinhado com a criação, nos últimos anos, do programa de apoio aos hospitais do interior (PAHI), que permite a racionalização na utilização dos recursos e a elevação da cobertura e referência dos pequenos hospitais de municípios do interior, possibilitando que os mesmos se integrem a hospitais regionais de referências ou a redes de atenção básica existentes nos municípios.

Além disso, o estudo mostrou algumas das inúmeras possibilidades de interpretação do conjunto de medidas tradicionais de eficiência que um modelo de DEA é capaz de fornecer. Destacam-se, sobretudo, as informações de conjuntos de referência ou *benchmarking* e as combinações ponderadas de pesos λ para as unidades ineficientes alcançarem este *benchmarking*. Aliados aos escores de eficiência e à correta identificação de relações entre variáveis de entrada e saída do modelo em análise, estas informações tornam a metodologia de DEA bastante elucidativa no sentido de fornecer diretrizes de melhoria para as unidades ineficientes, apresentando uma variedade de possibilidades de caminhos a serem seguidos e aprendizado acerca da frequência e magnitude dos problemas encontrados para estas unidades.

É importante lembrar, ainda, que muitos dos desmembramentos possíveis de uma avaliação de DEA não foram considerados neste estudo, por limitações de escopo e perfil da análise proposta. Além da já citada possibilidade de agrupamento das DMUs entre semelhantes, pode-se mencionar, ainda, a consideração de variáveis contextuais (qualitativas) no modelo, comparação com modelo do tipo CCR e possibilidade de

obtenção de eficiência de escala, criação de rankings a partir de resultados de eficiência e indicadores de eficiência para confronto com informações contextuais, identificação de *outliers*, isto é, pontos com valores muito discrepantes do restante da amostra e que podem exercer algum tipo de influência sobre os resultados do modelo, entre outros. Todas estas medidas são capazes de promover uma expansão da análise proposta para outros patamares, garantindo, possivelmente, uma maior robustez e precisão à avaliação do desempenho das unidades consideradas. No caso estudado, por exemplo, a capital Rio de Janeiro claramente representou um *outlier*, dados os valores muito superiores aos demais, tanto para variáveis de input como de output, o que está alinhado com a condição de grande metrópole que o município exerce, abrangendo aproximadamente metade da população do Estado, com uma operação do sistema de saúde notadamente em níveis superiores de demanda e capacidade.

Por fim, acredita-se que este trabalho foi capaz de fornecer direcionamentos para as diversas possibilidades de discussão que podem ocorrer em cima dos resultados de um modelo de DEA, evidenciando algumas das maneiras que estes resultados podem ser interpretados de modo a permitir ao analista identificar oportunidades de melhorias e elevar o desempenho como um todo da operação em questão. Na medida em que trabalha com avaliações comparativas de eficiência, o estudo foi capaz de evidenciar déficits relativos ou *gaps* dos serviços prestados pelo Sistema Único de Saúde do Estado do Rio de Janeiro, e fornecer diretrizes para a explicação destas ineficiências, podendo, eventualmente, funcionar como instrumento por parte dos gestores para revisão e orientação da atuação pública. Isto se torna particularmente importante se considerarmos o papel fundamental que a área da saúde exerce para a população, levando o Estado a assumir um compromisso e uma participação de destaque tanto no atendimento das demandas como na garantia das capacidades, equacionando corretamente as diferenças existentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. M., BRAVEMAN, P., GOLD, M. R., SZWARCOWALD, C. L., TRAVASSOS, C., VALENTE, J., et al. (2001). Methodological concerns and recommendations on policy consequences. *Lancet*, 357, 1692-1697.

BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, p. 1.078-1.092, 1984.

BOGETOFT, P., OTTO, L. Benchmark and frontier analysis using DEA and SFA. *R Packages*, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. IDSUS – Índice de Desempenho do Sistema Único de Saúde / Ministério da Saúde. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011.

CEL/COPPEAD – Centro de Estudos em Logística. Panorama Logístico – Relatório Técnico: Ranking de Eficiência das Ferrovias Brasileiras. Rio de Janeiro, 2010.

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.

FARE, R., GROSSKOPF, S., LINDGEN, B., PONTUS, R. Productivity developments in Swedish hospitals: a malmquist output index approach. In: CHARNES, A., COOPER, W. W., LEWIN, A. Y., SEIFORD, L. M. (Eds.). *Data Envelopment Analysis*. London: Kluwer Academic Publishers, p. 253-272, 1994.

GASPARINI, C. E., RAMOS, F. S. Relative deficit of health services in Brazilian states and regions. *Brazilian Review of Econometrics*. 2004; 24(1):75-107.

GILSON, L., DOHERTY, J., LOEWENSON, R. (2007). *Challenging inequity through Health Systems: Final report of the Knowledge Network on Health Systems*.

GROSSKOPF, S., MARGARITIS, D., VALDMANIS, V. Comparing teaching and non-teaching hospitals: a frontier approach (teaching vs. non teaching hospitals). *Health Care Management Science*. 2001;4(2):83-90.

LINS, M. P. E., LOBO, M. S. C., FIDZMAN, R., SILVA A. C. .M., RIBEIRO V. J. P. O uso da análise envoltória de dados (DEA) para avaliação de hospitais universitários brasileiros. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2007;12(4):985-98.

LOBO, M. S. C., LINS, M. P. E., SILVA A. C. M, FISZMAN, R. Avaliação de desempenho e integração docente-assistencial nos hospitais universitários. *Revista Saúde Pública*. 2010;44(4):581-90.

MARINHO, A., FAÇANHA L. O. Hospitais universitários: avaliação comparativa da eficiência técnica. *Econ Apl*. 2000;4(2):315-49.

McPAKE, B., MILLS, A. (2000). What can we learn from international comparisons of health systems and health system reform? *Bulletin of the World Health Organization*, 78(6), 811-820.

MEC - Indicadores da qualidade na educação/ Ação Educativa, Unicef, Pnud, INEP, Seb/MEC (coordenadores) – São Paulo: Ação Educativa, 2007, 3ª edição ampliada. 72P.

MEDICI, A. O Índice de Desempenho do SUS (IDSUS). *Instituto de Estudos de Política Econômica*, 2012.

NAVARRO, V. (2000).Assessment of the World Health Report 2000.*Lancet*, 356(9241), 1598-1601.

OZCAN, Y. Health care benchmarking and performance evaluation: an assessment using Data Envelopment Analysis (DEA). Berlin: Springer; 2008.

OZCAN, Y. Sensivity analysis of hospital efficiency under alternative output/input combinations and peer grouping. *Know Policy*. 1993;5(4):1-31.

SALE, R., SALE, M. (2009).*Data Envelopment Analysis: A Primer for Novice Users and Students at all Levels*. Fall 2009 Academic and Business Research Institute Conference in Orlando, Florida.

TEIXEIRA, S. F., OLIVEIRA, J. (1986). *(Im)previdência social: 60 anos de história da previdência no Brasil*. Rio de Janeiro: Vozes/Abrasco.

TRAVASSOS, C. M., OLIVEIRA, E. X. G., VIACAVA, F. (2006). Desigualdades geográficas e sociais no acesso aos serviços de saúde no Brasil: 1998 e 2003. *Ciência e Saúde Coletiva*, 11(4), 975-986.

UGÁ, M. A. D., MARQUES, R. M. (2005). O Financiamento do SUS: Trajetória, contexto e constrangimentos. In: LIMA, N., GERCHMAN, S., EDLER, F., SUÁREZ, J. (Orgs.), *Saúde e Democracia: História e Perspectivas do SUS* (pp. 193-233). Rio de Janeiro: Ed Fiocruz.

UGÁ, M. A. D., PORTO, S. M. (2008). Financiamento e Alocação de Recursos em Saúde no Brasil. In GIOVANELLA, L., ESCOREL, S., LOBATO, L., NORONHA J. C. (Orgs.), *Políticas e Sistema de Saúde no Brasil* (pp. 473-505). Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz.

UGÁ, M. A. D., SANTOS, I. S. (2006). Uma análise da progressividade do financiamento do Sistema Único de Saúde – SUS. *Cadernos de Saúde Pública*, 22 (8).

VIACAVA, F. (Coord.), et al., *PROADESS - Avaliação de Desempenho do Sistema de Saúde Brasileiro: indicadores para monitoramento (Relatório)*, Ed ICICT-Fiocruz, Rio de Janeiro (RJ), outubro de 2012.

WOLFSON, M., ALVAREZ, R. (2002). Towards Integrated and Coherent Health Information Systems for Performance Monitoring: The Canadian Experience. In: OECD, *Measuring Up – Improving Health System Performance in OECD Countries* (p. 133-155). Paris: OEDC.

ANEXOS

**ANEXO A – VARIÁVEIS DE INPUT
DO MODELO DO SUS-RJ**

ANEXO B – VARIÁVEIS DE OUTPUT DO MODELO DO SUS-RJ

**ANEXO C – CÓDIGO PARA
IMPLEMENTAÇÃO DE MODELO DE
DEA EM R**

**ANEXO D – RESULTADOS DO
MODELO DO SUS-RJ**