



**COPPE/UFRJ**

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) PARA APOIO ÀS  
POLÍTICAS PÚBLICAS DE SAÚDE: O CASO DOS HOSPITAIS DE ENSINO

Maria Stella de Castro Lobo

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientador: Marcos Pereira Estellita Lins

Rio de Janeiro  
Março de 201

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) PARA APOIO ÀS  
POLÍTICAS PÚBLICAS DE SAÚDE: O CASO DOS HOSPITAIS DE ENSINO

Maria Stella de Castro Lobo

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

---

Prof. Marcos Pereira Estellita Lins, Ph.D.

---

Prof. Nelson Maculan Filho, Ph.D.

---

Prof. Mario Jorge Ferreira de Oliveira, Ph.D.

---

Profa. Rejane Sobrino Pinheiro, Ph.D.

---

Profa. Ângela Cristina Moreira da Silva, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2010

Lobo, Maria Stella de Castro.

Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) para Apoio às Políticas Públicas de Saúde: o Caso dos Hospitais de Ensino/ Maria Stella de Castro Lobo. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

X, 137 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Marcos Pereira Estellita Lins

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2010.

Referencias Bibliográficas: p. 109-123.

1. Análise Envoltória de Dados 2. Avaliação de Serviços de Saúde. 3. Hospitais de Ensino. I. Lins, Marcos Pereira Estellita. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

*Hic situs est Phaeton, currus auriga paterni,  
Quem si non tenuit, magnis tamen excidit ausis.*

[Aqui jaz Faetonte, guia do carro paterno,  
Se falhou na sua empresa, todavia, cabe-lhe o mérito de a ter empreendido]

Ovídio - Metamorfoses, Livro II, v. 328- 329 <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Homenagem ao meu pai, Helio.

# Agradecimentos

À

COPPE, pela  
acolhida e injeção  
de saber! Em espe-  
cial, Estellita

(orientador, que me abriu  
as portas da matemática e das  
consciências), Angela (fiel escu-  
deira da equipe), Basilio Bragança  
(quem me apresentou a esse mundo),  
prof. Yasar Ozcan (parceiro em publica-  
ções e, mais do que isso, mestre da Virginia  
Commonwealth University). Aos

demais membros da banca exa-  
minadora: prof. Nelson Macu-  
lan, Rejane Sobrino Pinheiro  
e Mario Jorge Ferreira  
Oliveira. Ao HUCFF, pela  
paciência com a minha  
ausência!  
David,  
Borgerth, Ivone  
Menegolla, Eliana Diehl, Marcos Pel-  
legrini, Maria Helena, Rejane Sobreira, Edu  
Rocha, Carlos Andrei, Neio Boechat, Marcelo Land,  
Sergio Zaidhaft, Rosane Goldwasser, Angela Fisz-  
man, Amancio Paulino, Olimpio Bittar, Leonardo Carap,  
Paulo Xavier, Patricia Brasil, Ricardo Teixeira, Claudia e  
Sandra Raja Gabaglia, Claudinha, Maria Leide, Denise  
Mattos, Fernando Bozza, Sandra Chaves, Ludmila,  
Antonio Paulo, Fernanda Terra, Danusa Pires e  
galera, Marilenna, Leticia Krauss, Luis Cama-  
cho, Milena Dulchiade, Yara Hackerberg,  
Nelson Souza e Silva, Lucia Helena,  
Adriana Magalhães, Alcida  
Ramos, Clarisse Lobo,  
Beto.

Katia Bloch, Sandra

Baliza, Sonia Góis, Rosangela,

Rosane(s), Ana Branco, Tania, Alexandre,

Lissandra, Roberta, Larissa, Osmario, Gisele, etc,  
etc.

À Coordenação de Hospitais de Ensino/MEC: pela confiança e  
amizade desde sempre! Janaína, Marco Avelino, Francisca, Atilio  
Mazzoleni, Samuel, Lucio Flavio, Urquiza Paulino, Ilka, José Wellington,  
Celso Araújo, Jeanne Michel.

À Comissão de Certificação MEC/MS e aos certificadores: pelo prazer de  
aprendermos junto; em especial,  
Mariléa Rodegheri (*in memori-*  
*am*), aqui representando cada

À mãe Marússia, por  
muito do que hoje sou!  
Ao resto da família,  
das muitas gerações, por  
mais um pouco  
do que hoje sou! Maria  
Clarisse,  
Fernan-  
do, Rodrigo. E aos respec-  
tivos amores, Luis Clau-  
dio, Geraldo, Fernando,  
Anita, Rafael e Antonio.

E

Aos amorzinhos da vida,  
Ane e Rockito!  
Aos  
Brothers & Sisters  
(do trabalho e da  
vida):

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) PARA APOIO ÀS  
POLÍTICAS PÚBLICAS DE SAÚDE: O CASO DOS HOSPITAIS DE ENSINO

Maria Stella de Castro Lobo

Março/ 2010

Orientador: Marcos Pereira Estellita Lins

Programa: Engenharia de Produção

O presente trabalho discute e executa uma série de aplicações da Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliação de desempenho dos Hospitais Universitários e de Ensino do Brasil, enfatizando as possibilidades e limitações da metodologia para subsidiar a tomada de decisões na Política de Reestruturação dos Hospitais de Ensino, principalmente no que concerne às mudanças de financiamento recentemente implementadas para esses hospitais. Inicialmente, procede-se uma reflexão epistemológica sobre as correspondências entre as áreas de saber relacionadas à aplicação, quais sejam: a pesquisa operacional (PO), que desenvolve o método, e a epidemiologia de serviços de saúde, que determina um cenário de demanda para aplicação. A revisão da literatura procura aprofundar esse processo dialógico interdisciplinar, ao integrar visão do analista de PO e a do gestor de saúde, ou seja, daquele que pode vir a utilizar os resultados da aplicação. As aplicações propostas buscam abarcar a eficiência nas numerosas dimensões relacionadas às missões dos hospitais de ensino (assistência, ensino e pesquisa), apreender o impacto da reforma de financiamento de acordo com os principais componentes da crise econômica vivida por estes hospitais (pelo Índice de Malmquist) e estabelecer quais as variáveis ambientais que influenciam o escore de eficiência. Na abordagem da multidimensionalidade, desenvolve-se um modelo de *Network* DEA (DEA em redes) para considerar o complexo de relações existentes entre as variáveis na estrutura de um hospital de ensino.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) APPLIED TO PUBLIC HEALTH POLICIES:  
THE TEACHING HOSPITALS´ CASE

Maria Stella de Castro Lobo

March/ 2010

Advisor: Marcos Pereira Estellita Lins

Department: Production Engineering

The study examines and develops a set of applications of Data Envelopment Analysis (DEA) to assess the performance of the Brazilian University and Teaching Hospitals, emphasizing their possibilities and limitations to aid decision making in the Teaching Hospital Governmental Policy, mainly concerning the financing reform recently adopted for these hospitals. First, an epistemological discussion is presented to understand the correspondence between operational research (OR), which develops the method, and health services research epidemiology, which defines a scenario for the application. The literature review tries to strengthen this dialogical process, by integrating the perspective of the OR analyst and the health manager, the one that could put in practice the application results. The applications consider: the efficiency results for the multitude of dimensions related to the teaching hospitals´ goals (medical care, teaching and research), the financing reform impact according to the components of the economical crisis that the teaching hospitals are going through (using Malmquist Index) and the external non-discretionary variables that influence the observed efficiency score. To handle the multitude of dimensions, a network model (Network DEA) is presented to consider the complex relationship between variables inside a teaching hospital.

## SUMÁRIO:

1) PREFÁCIO: Motivação, Trajetória e Perspectivas. ....	1
2) QUADRO TEÓRICO: Complementaridade entre o método e o objeto da aplicação. 5	
2.1) <i>Fundamentos para aplicação da Pesquisa Operacional: o futuro da PO não é passado</i> .....	6
2.2) <i>Especificidades do Objeto da Aplicação: Epidemiologia e Planejamento em Saúde</i> .....	13
2.3) <i>Síntese do Quadro Teórico: Encontros e Desencontros entre Pesquisa Operacional (PO) e Epidemiologia de Serviços de Saúde</i> . ....	17
2.4) <i>Delineamento da Pesquisa: Pesquisa Avaliativa e Política de Saúde</i> .....	22
2.5) <i>Avaliação de Eficiência na Pesquisa Avaliativa: DEA, possibilidades e limites</i> . 26	
3) “REVISITANDO” a literatura: DEA na área da saúde. ....	34
3.1) <i>A teoria da aplicação: questões metodológicas a serem consideradas à aplicação</i> . ....	37
3.2) <i>A prática da aplicação: revisões; publicações internacionais e nacionais</i> . ....	39
A) Perspectiva do analista de PO.....	39
B) Perspectiva do gestor de saúde.....	41
4) METODOLOGIAS aplicadas à Política de Hospitais de Ensino (HEs). ....	48
4.1) <i>Apresentação da Política de Reestruturação de Hospitais de Ensino</i> .....	48
4.2) <i>DEA Aplicada ao Cenário da Política dos HEs: Base Conceitual</i> .....	54
4.3) <i>Abordagem da Multidimensionalidade</i> . ....	57
4.3.1) Modelos em Separado: Médico (MM) e de Ensino-Pesquisa (MEP). ....	58
4.3.2) Modelos Hierárquicos. ....	66
4.3.3) Modelos NETWORK DEA. ....	81
4.4) <i>Estudo do Impacto da Reforma de Financiamento</i> . ....	90
4.5) <i>Influência das Variáveis Ambientais</i> . ....	100
5) CONCLUSÃO .....	105
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....	109
ANEXO I: Fundamentos Teóricos e Modelos Clássicos DEA; Principais Restrições Aplicadas à Saúde.....	125



## LISTA DE QUADROS, FIGURAS E TABELAS:

<b>Figura 1:</b> Relações entre as fronteiras CRS e VRS.....	27
<b>Figura 2:</b> Projeções das Orientações na Fronteira de Eficiência (VRS).....	28
<b>Figura 3:</b> Publicações de aplicações de DEA na Saúde (Fonte: MEDLINE).....	43
<b>Figura 4:</b> Valor Médio de <i>Inputs (I)</i> / <i>Outputs (O)</i> de acordo com Porte e Grau de Eficiência Hospitalar.....	60
<b>Figura 5:</b> Fronteira de ensino definida pelas variáveis: médicos (MED) e professores (outros, OUP) como <i>inputs</i> e residentes (RES) como <i>output</i> .....	61
<b>Figura 6:</b> Fronteira de ensino definida pelas variáveis: médicos (MED) como <i>input</i> e residentes (RES) e alunos de graduação (GMED) como <i>outputs</i> .....	62
<b>Figura 7:</b> Fronteira de produtividade hospitalar de acordo com número de funcionários.....	69
<b>Figura 8:</b> Fronteira de produtividade hospitalar de acordo com a receita do SUS.....	70
<b>Figura 9:</b> Fronteira de produtividade da unidade de internação de acordo com número de funcionários não-médicos e complexidade hospitalar.....	71
<b>Figura 10:</b> Fronteira de produtividade do centro cirúrgico de acordo com número de funcionários não-médicos e complexidade hospitalar.....	72
<b>Figura 11:</b> Representação 3-D da Dimensão Ensino.....	77
<b>Figura 12:</b> Representação 3-D da Dimensão Pesquisa.....	78
<b>Tabela 1:</b> Média e Desvio Padrão de Variáveis de Input e Output de acordo com Porte e Eficiência Hospitalar (Modelo Médico).....	60
<b>Tabela 2:</b> Média e Desvio-Padrão das variáveis: <i>Input/Output</i> e excesso de recursos humanos de acordo com modelos: médico (MM) e de ensino-pesquisa (MEP).....	65
<b>Tabela 3:</b> Indicadores relacionados a hospitais de ensino de acordo com eficiência nos modelos: médico (MM) e de ensino-pesquisa (MEP).....	65
<b>Tabela 4:</b> Resultado dos Multiplicadores (p-virtual) COM e SEM restrições – Assistência.....	75
<b>Tabela 5:</b> Escore de Eficiência dos Hospitais de Ensino de acordo com as dimensões.....	80
<b>Tabela 6:</b> Estatística descritiva das Variáveis do Modelo <i>Network</i> DEA.....	84
<b>Tabela 7:</b> Escores de Eficiência para os Modelos Caixa Preta (CP), Separados e <i>Network</i> DEA, com <i>benchmarks</i> .....	86
<b>Tabela 8:</b> Diferença entre Valores Projetados na Fronteira e Valores Observados.....	87
<b>Tabela 9:</b> Variação da Receita SUS e da Produção Assistencial dos HUs/MEC antes e depois da assinatura de contratos de metas.....	94

<b>Tabela 10:</b> Escores de Eficiência, Índice de Malmquist, e seus componentes, nos Hospitais de Ensino MEC.....	95
<b>Tabela 11:</b> Intensidade de Ensino (Relação residentes/leitos) e Dedicção de Ensino (Relação residentes/médicos) de acordo com a eficiência (2003 – 2006).....	98
<b>Tabela 12:</b> Caracterização dos Hospitais de acordo com valores: mínimos, máximos e médios das principais variáveis intervalares dos modelos: DEA (Estágio I) e Regressão Logística (Estágio II).....	103
<b>Tabela 13:</b> Relação entre eficiência e variáveis ambientais do modelo.....	103
<b>Tabela 14:</b> Regressão Logística completa.....	103
<b>Quadro 1 –</b> Matriz disciplinar: relação PO X Planejamento de Saúde.....	18
<b>Quadro 2 –</b> Correspondências Epistemológicas entre PO, Epidemiologia e Planejamento em Saúde.....	19
<b>Quadro 3:</b> Modelo de Avaliação (adaptado de Contandriopoulos et al., 1997).....	24
<b>Quadro 4 :</b> Modelos - Envelope e Multiplicadores/orientados a Input/VRS.....	29
<b>Quadro 5:</b> Restrição de Participação Virtual.....	30
<b>Quadro 6:</b> Periódicos mais Frequentes (MEDLINE).....	43
<b>Quadro 7:</b> Legislação para Financiamento dos Hospitais Universitários e de Ensino no Brasil.....	52
<b>Quadro 8:</b> Pesquisa Avaliativa no Cenário da Política de Hospitais de Ensino.....	53
<b>Quadro 9:</b> Eficiência de hospital universitário de acordo com modelos: médico (MM) e de ensino-pesquisa (MEP).....	64
<b>Quadro 10:</b> Variáveis de <i>Input</i> e <i>Output</i> selecionadas no estudo da multidimensionalidade.....	68
<b>Quadro 11:</b> Modelo agregado para avaliação de hospitais de ensino (adaptado de TONE & TSUTSUI, 2008).....	81
<b>Quadro 12:</b> Modelo separado para avaliação de hospitais de ensino (adaptado de TONE & TSUTSUI, 2008).....	82
<b>Quadro 13:</b> Modelo <i>NETWORK</i> para avaliação de Hospitais de Ensino (HE).....	84
<b>Quadro 14:</b> <i>Benchmarks</i> para os hospitais de ensino/MEC em 2003 e 2006.....	97

## 1) PREFÁCIO<sup>1</sup>: Motivação, Trajetória e Perspectivas.

“Os fragmentos autobiográficos que abrem este prefácio servem para dar testemunho daquilo que reconheço como minha dívida principal, tanto para com os trabalhos especializados, como para com as instituições que me ajudaram a dar forma ao meu pensamento. Nas páginas seguintes, procurarei desembaraçar-me do restante dessa dívida através de citações”  
THOMAS KUHN, 1962.

Se eu tivesse que traçar um ponto de corte na história da minha vida para dar início a este trabalho, eu me encontraria nos idos de 1998 – portanto, há 12 anos – como chefe do então Serviço de Saúde Coletiva do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho/UFRJ, e convidada pelo Ministério da Educação (MEC) para montar uma rotina de análise do Sistema de Informação dos Hospitais Universitários Federais (SIHUF), o qual continha informações sistemáticas sobre perfil docente e assistencial, estrutura e indicadores de produção dos 45 hospitais geridos pelo MEC. Na ocasião, assumi a tarefa com muita alegria, com uma bagagem teórica de peso, advinda do mestrado em Saúde Pública/ Epidemiologia na ENSP/FIOCRUZ, mas ainda leve em abstrações (pelo menos, daquelas que só a experiência nos traz).

Num primeiro momento, a tarefa foi cumprida a contento; a rotina foi montada e implementada, os indicadores propostos foram incorporados à matriz de alocação que divide os recursos entre os hospitais e, finalmente, a título de validação, os hospitais se mostraram durante visita *in loco* muito parecidos com o que imaginara anteriormente a partir dos números e comparações. No entanto, a trajetória que culmina com a proposta de tese que aqui apresento ainda estava por começar.

Para além dos números e indicadores trabalhados, esses hospitais universitários se caracterizavam pelo prestígio nas comunidades em que se inseriam, embora com pouca integração nas redes locais de serviços de saúde e Sistema Único de Saúde (SUS). Apresentavam vultoso arsenal tecnológico e de recursos humanos, diferenciando-se dos demais hospitais pelas atividades associadas de ensino e pesquisa de excelência. No entanto, tinham baixa profissionalização gerencial, vivenciavam uma forte crise de financiamento e conviviam com uma série de conflitos

---

<sup>1</sup> **Etimologia:** 'ação de falar ao princípio de'. Preferimos usar o termo ao invés de “Introdução” para tomar a liberdade de usar a primeira pessoa nesta parte da tese (tal como Kuhn o fez, em 1962).

de interesses e objetivos com a estrutura acadêmica das universidades as quais estavam atrelados. Tal era o “mundo real”<sup>2</sup> que me foi apresentado, com os seus problemas complexos, multidimensionais, com visões parciais e muitas vezes discordantes dos atores envolvidos e, sob a perspectiva de interpretação e formulação de problemas, um mundo mal definido ou mal estruturado<sup>3</sup>, do qual eu passei a fazer parte.

Com o agravamento da crise financeira, a partir de 2003, o Ministério da Saúde (MS) capitaneou a Política de Reestruturação dos Hospitais de Ensino, dada a importância social das instituições hospitalares de ensino do Brasil, não somente na formação de recursos humanos e na geração de novas tecnologias a serem usadas pelo sistema de saúde, mas também pelo seu grande volume assistencial. Tal política<sup>4</sup> (que será detalhada no corpo da tese) se pautou em ampla participação interinstitucional e teve como principal diretriz norteadora a criação de mecanismos que garantissem: maior aporte financeiro, eficiência na utilização dos recursos repassados e maior integração docente-assistencial com a rede de serviços do Sistema Único de Saúde (SUS).

No entanto, desde a sua implantação, a política instaurada ainda prescinde de um modelo ou instrumental de acompanhamento e avaliação que aborde o grau de eficiência na gestão dos recursos e oriente a definição das metas a serem pactuadas entre hospitais e gestores do SUS. Nesse contexto, as análises e interpretações acerca dos resultados da política estão pautadas sobre o volume financeiro e sobre os indicadores docente-assistenciais clássicos que, utilizados de forma cartorial, têm refletido mais um processo de negociação política<sup>5</sup> entre as partes envolvidas do que uma análise técnica dos resultados.

Nesse momento, já posso me referir ao “encontro com a Pesquisa Operacional”<sup>6</sup> (PO) como uma consequência natural da busca desse instrumental, qual seja: uma

---

<sup>2</sup> O destaque das aspas refere-se ao conceito técnico descrito nos livros que tratam de modelagem matemática aplicada a processos administrativos (tal como discutido em EPPEN, GOULD, SCHMIDT, MOORE e WEATHERFORD, 1998)

<sup>3</sup> Como colocado por Russell L. ACKOFF, 1999, um sistema de problemas, ou uma verdadeira “mess”, cuja tradução literal é: desordem, confusão, bagunça.

<sup>4</sup> Cabe uma nota sobre o conceito de política, *em sentido amplo*, aqui entendido como: “a arte ou ciência da organização, direção e administração de nações ou Estados; aplicação desta arte aos negócios internos ou externos da nação. Ou, mais especificamente, linha de conduta selecionada, que orienta a tomada de decisões e a coordenação de condutas”, tal qual o sentido do inglês *POLICY*.

<sup>5</sup> Entendida como “a arte de guiar ou influenciar o modo de governo pela organização de um partido, pela influência da opinião pública, pela argumentação e contra-argumentação dos atores envolvidos no processo, etc”, tal qual o sentido do inglês *POLITICS*.

<sup>6</sup> Uma alusão ao: “Encontro com a Matemática” (LARS GARDING, 1979), um dos primeiros livros que adquiri após decidir estudar técnicas de PO, o que me exigiria um reencontro com as ciências exatas.

ciência, de natureza interdisciplinar, que traz ferramentas de subsídio à tomada de decisões a partir da formulação e estruturação de problemas complexos; uma ciência que trabalha com estruturas conceituais e modelos matemáticos sem, contudo, desprezar a subjetividade e a multiplicidade de perspectivas e interesses, muitas vezes conflitante, no seio da realidade que se quer modelar. No escopo da PO, foi escolhida para modelagem a metodologia de otimização, advinda da programação linear, Análise Envoltória de Dados (DEA), capaz de mensurar o grau de eficiência das organizações, de apontar os marcos de referência (*benchmarks*), além dos caminhos necessários para atingir os mesmos.

Para os modelos matemáticos, utilizo na tese o conceito que considera o quão relativa é a realidade aos olhos dos muitos observadores: “um modelo é uma representação externa e explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar o mesmo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte daquela realidade” (PIDD, 1996). Esta noção de visão da realidade de acordo com o observador é importante para introduzir a perspectiva dessa tese aos leitores já que nela está a visão de uma médica sanitária que conhece profundamente o problema no “mundo real” – ou o vive apaixonadamente - e vem, desta feita, buscar o ferramental técnico para levar aos seus pares e apoiar a Política de Reestruturação dos Hospitais de Ensino<sup>7</sup>. Daí a ênfase na abordagem prática e aplicada do problema, e a reflexão sobre o potencial e as limitações das aplicações interdisciplinares.

Assim sendo, a tese está estruturada da seguinte forma: o Capítulo 2 trata dos desafios e limitações da aplicação da Pesquisa Operacional, e de DEA, no contexto das políticas públicas e avaliação de serviços de saúde. Parte da análise de um artigo bastante provocativo de Russell Ackoff, escrito em 1978, mas que guarda de atualidade até o presente, sobre o risco do distanciamento das técnicas de PO para com os problemas do mundo real. No mesmo capítulo, também são discutidas as repercussões e especificidades dessa questão no campo das disciplinas da saúde, do planejamento em saúde e de DEA. Essa seção introduz e sintetiza o quadro teórico da tese.

No Capítulo 3, a literatura de DEA aplicada à área da saúde é revisada sob uma perspectiva da utilização dos resultados encontrados nas políticas de saúde. Até o presente, as revisões de aplicações nessa área descrevem, agregam e quantificam os resultados dos trabalhos, mas não enfatizam a necessidade de utilização das suas

---

<sup>7</sup> Na formação curricular da maior parte dos alunos da pós-graduação da PO, a perspectiva tende a ser diferente ou contrária, baseada no desenvolvimento de grande habilidade no manejo de modelos e algoritmos, e menos numa leitura detalhada da realidade.

conclusões nas diretrizes políticas de saúde. Esse aspecto é importante já que a experimentação, além da lógica, é a base para que a metodologia seja validada.

O Capítulo 4 mostra as aplicações e contribuições propostas de DEA na Política de Reestruturação dos Hospitais de Ensino. Desde 2004, e a partir de financiamento do CNPq, em convênio com o Departamento de Ciência e Tecnologia (DECIT) do MS, no Edital 037/2004 – Sistemas e Políticas de Saúde – Qualidade e Humanização no SUS, processo 403492/2004-1, iniciamos uma linha de pesquisa específica na COPPE/PEP, em convênio com o HUCFF/UFRJ, de: “Aplicação de DEA para Avaliação de Hospitais de Ensino”, com as respectivas metodologias e resultados apresentados no capítulo<sup>8</sup>. São elas: a) Estudo das diferentes dimensões de eficiência para estudo dos hospitais de ensino; b) Uso do Índice de Malmquist/DEA para estudo da reforma de financiamento e c) Análise das variáveis ambientais na determinação das eficiências encontradas. Ainda no capítulo 4, trago algumas inovações teóricas para aplicação na Política dos Hospitais de Ensino que podem vir a preencher algumas lacunas de conhecimento científico e subsidiar a tomada de decisões no campo da avaliação de qualidade de serviços de saúde. Trata-se de *Network DEA* (DEA em redes), pela primeira vez utilizada na área hospitalar, e que pode contribuir para a compreensão das interfaces entre as múltiplas dimensões presentes nos hospitais de ensino.

Ficam a cargo da conclusão, no Capítulo 5, as perspectivas de aprofundamento das questões levantadas, uma vez alicerçada a linha de pesquisa e a equipe de pesquisadores. No Anexo I, apresentamos o detalhamento da técnica DEA e as principais restrições aos pesos.

---

<sup>8</sup> A aprovação desse projeto foi o principal mote para o meu ingresso no Programa de Doutorado da Engenharia de Produção/PEP.

## 2) QUADRO TEÓRICO: Complementaridade entre o método e o objeto da aplicação.

“Nessa busca pelo preenchimento das lacunas de conhecimento, talvez os maiores vãos se concentrem nas interfaces disciplinares, na precariedade do exercício metalingüístico e na tradução dos olhares para além dos múltiplos espelhos...” (Anônimo).

O presente capítulo tem como principal objetivo traçar um quadro teórico sobre o qual se assenta a proposta metodológica da tese. Dado que se busca a aplicação de uma disciplina científica, no caso, da pesquisa operacional (PO), para a solução de problemas relacionados às políticas de saúde, é importante discutir seus postulados, suas conclusões, sua validade cognitiva, seus paradigmas estruturais e/ou relações com a sociedade e a história. Essa abordagem epistemológica<sup>9</sup>, longe de se pretender completa para abarcar profundamente o tema, procura situar o leitor na perspectiva que se tem do método, no presente estudo, e traçar os elementos de correspondência entre a disciplina que se quer aplicar e o contexto da aplicação, qual seja, o da avaliação de serviços no bojo do Programa de Reestruturação dos Hospitais de Ensino. Acreditamos que o quadro teórico somente poderá ser explicitado quando o sujeito (PO) e o objeto da aplicação (Políticas Públicas) tiverem justificadas as suas respectivas complementaridades. Em outras palavras, a validade e, conseqüentemente, a aceitação pela comunidade acadêmica, do uso de uma metodologia advinda de uma disciplina distinta deve considerar o paralelismo do contexto histórico de ambas as disciplinas que, de certa forma, molda as perguntas e as abordagens de resposta de cada área de saber.

Na primeira parte do capítulo, será apresentado um breve histórico do estado de arte da PO ao longo dos últimos trinta anos, período que se iniciou com uma série de questionamentos acerca do papel social da PO, e de sua capacidade para resolução de problemas, conformando o que se chamou de “crise existencial” da disciplina (KIRBY, 2007). Para exemplificar essa questão, o artigo mais citado na literatura correlata é: “*The Future of Operational Research is Past*”<sup>10</sup>, apresentado pelo americano Russell Ackoff na conferência anual da Sociedade Britânica de

---

<sup>9</sup> Epistemologia, o conhecimento do conhecimento: a palavra deriva do grego, “episteme”, conhecimento, ciência; “logos”, conhecimento, informação, teoria, estudo. Uma excelente revisão sobre a epistemologia da pesquisa em administração, “*management research*” pode ser encontrada em Johnson e Duberley, 2000.

<sup>10</sup> “O Futuro da Pesquisa Operacional é Passado”, artigo que pode ser considerado emblemático para o entendimento dos questionamentos internos da disciplina. Segundo [www.scholar.google.com](http://www.scholar.google.com), há 658 citações do artigo (em 18/01/2010).

Pesquisa Operacional, em 1978, no qual o autor propõe algumas reorientações de paradigma para a disciplina. Embora esse não tenha sido o primeiro olhar crítico da disciplina, tornou-se um verdadeiro ícone para representação dos principais questionamentos que a PO têm se deparado nos últimos anos. Esses questionamentos, antes de desmerecerem o saber científico acumulado, trouxeram novos olhares e abordagens para a disciplina, como o desenvolvimento da *PO Soft*, das metodologias de estruturação e formulação dos problemas sociais complexos, da aplicação da PO nos problemas da comunidade, além de enriquecerem uma reflexão teórica mais abrangente sobre os seus aspectos éticos.

Na segunda parte, será apresentado o estado de arte da epidemiologia e do planejamento em saúde, procurando reproduzir a simultaneidade das discussões teóricas entre essas áreas de aplicação e as questões referentes à pesquisa operacional. Nessa parte, o planejamento em saúde será contextualizado de acordo com o histórico de sua implantação na América Latina e Brasil. A síntese da correlação será apresentada na terceira parte a partir da construção e interpretação de uma matriz disciplinar.

Apresentado o quadro teórico, começamos o delineamento específico da presente tese, ou seja, o uso de medidas de eficiência para auxiliar a avaliação de política de saúde a partir dos conceitos e práticas da pesquisa avaliativa (quarta parte).

Uma vez estabelecido o cenário de aplicação interdisciplinar, a técnica de Análise Envoltória de Dados será apresentada na quinta parte como instrumento de aplicação para estudo da eficiência na avaliação de serviços de saúde. Para essa metodologia, serão colocadas as vantagens e limitações da técnica, com ênfase na discussão sobre a sua validade interna e externa.

## **2.1) Fundamentos para aplicação da Pesquisa Operacional: o futuro da PO não é passado.**

A pesquisa operacional (PO) pode ser definida como o processo de ajuda na tomada de decisão organizacional por meio da construção de um modelo que representa a interação dos fatores relevantes, os quais podem ser detalhados para compreender as implicações da escolha (ROSENHEAD, 2001).

A Pesquisa Operacional surgiu no início dos anos 30 com uma natureza essencialmente aplicada, a princípio como auxílio à tomada de decisões militares, com crescente necessidade durante a Segunda Grande Guerra Mundial. Nos anos 60, já era uma disciplina disseminada e estabilizada no meio acadêmico, com equipes



profissionalizadas de técnicos incorporadas às grandes empresas para apoio às decisões gerenciais<sup>11</sup>. A partir da década de 1970, muitas dessas equipes foram dissolvidas e um conjunto de questionamentos acerca da disciplina começou a surgir. As primeiras críticas variavam em intensidade como as de Hall e Hess (1978, *apud* ACKOFF, 1999), que propunham como solução única dos problemas o estreitamento das relações entre profissionais e academia, e as de Tocher (1977, *apud* ACKOFF, 1999), que já questionavam a adequação do paradigma da PO para responder aos seus objetivos.

Nesse cenário, Ackoff (1979a) afirmava que um dos aspectos mais relevantes da crise estaria no afastamento da PO para com o mundo real, “passando a se identificar mais com os modelos matemáticos e algoritmos do que com a habilidade de formular problemas de gestão, solucioná-los, implementar e manter as soluções em ambientes dotados de turbulência”. Dessa forma, a PO teria deixado de ser uma ciência aplicada a decisões estratégicas da empresa, restringindo-se a práticas de operação da rotina de serviços (*push down* ou rebaixamento da prática na empresa). Além disso, segundo o autor, a PO teve suas técnicas disseminadas para pessoas despreparadas e perdeu seu caráter essencialmente interdisciplinar. Com essas mudanças, as prioridades da PO deixaram de ser moldadas pelos problemas informados pelo mundo real (pela demanda social e econômica) e, ao contrário, os problemas passaram a ser enfatizados de acordo com a existência de modelos teóricos que os algoritmos poderiam ofertar.

A crítica de Ackoff acima citada teve origem no seu envolvimento científico com a teoria de sistemas aplicada às organizações, sobre a qual afirma:

“Um sistema é mais do que a soma de suas partes; é um todo indivisível; dotado de intencionalidade, assim como as suas partes. Essas últimas também devem compartilhar alguma intencionalidade para garantir a existência do sistema. O sistema perde suas propriedades essenciais se as partes forem avaliadas em separado. Os elementos do sistema podem ser também sistemas, assim como o sistema pode fazer parte de um sistema maior. Cada parte ou sistema está relacionado com um ambiente externo, podendo sofrer influência do mesmo e/ou alterá-lo em contrapartida” (ACKOFF, 1971).

Como um dos pensadores da teoria dos sistemas, Ackoff justificou a sua tese de crise da PO na medida em que as instituições passariam a ter que avaliar os

---

<sup>11</sup> As décadas entre 1930 e 1960 são chamadas de “*Golden Age*” ou “Anos Dourados” da PO, por Kirby, 2000. A fase de introdução da metodologia nas decisões administrativas e gerenciais corresponde à chamada: “*Management Science*”.

problemas de acordo com diferentes dimensões representadas: razões da empresa (*self-control*), das partes ou de seus colaboradores (*humanization*) e razões do ambiente (*environmentalization*). Para o autor, a PO persistiu avaliando apenas a primeira dimensão, por meio da aplicação dos conceitos de otimização e de objetividade.

Sobre a otimização, o autor afirmava que a solução ótima de um modelo só poderia ser a forma ideal de enfrentar um problema se a representação do mesmo fosse perfeita e imutável; portanto, algo impossível. Consequentemente, os “ótimos possíveis” precisariam considerar os contextos políticos e as mudanças de ambiente interno e externo que acontecem no dia-a-dia de qualquer organização, o que significa que a vida útil das soluções é, por natureza, curta e sujeita à influência de valores e de preferências. Além disso, os problemas seriam complexos, dinâmicos e inter-relacionados, partes de uma desordem geral (“mess”), merecendo tratamento holístico e interdisciplinar para solucioná-los.

Sobre a objetividade, o autor afirmou que é um fato inalcançável da ciência dado que é impossível retirar todo e qualquer julgamento de valor dos pesquisadores, ou melhor, a objetividade somente poderia ser verdadeiramente alcançada se toda e qualquer perspectiva factível fosse incorporada ao modelo; portanto, algo também impossível.

Diante da crise apontada, Ackoff apresentou no mesmo evento um segundo artigo: “*Resurrecting the Future of Operational Research*” (1979b<sup>12</sup>), no qual propôs: a) a incorporação de mecanismos de aprendizagem e adaptações a mudanças nos modelos, como única forma de se contrapor à tendência de aplicação da PO às poucas práticas que não dependem do ambiente onde operam; b) a introdução da ética e da estética na modelagem, ao considerar os diferentes traços e estilos dos atores envolvidos no processo produtivo; c) o tratamento holístico dos problemas, não se restringindo à análise dos mesmos, mas acrescentando metodologias de síntese; d) planejamento criativo de futuro (invenção de futuro) e elaboração dos meios para alcançá-los, de acordo com uma cultura de qualidade de vida (ao contrário da estratégia classicamente usada de predição e preparação para o futuro); e) retomada da interdisciplinaridade, que inclui as ciências, as artes e as humanidades; f) incorporação das perspectivas de todo e qualquer indivíduo que possa ser atingido ou afetado pela decisão (não somente dos tomadores de decisão).

---

<sup>12</sup> “Ressuscitando o Futuro da Pesquisa Operacional”; segundo Ackoff, pelo menos para o público europeu, considerando a sua descrença nos modelos de PO aplicados nos Estados Unidos da América, o que lhe valeu a alcunha como apóstata da PO (KIRBY, 2007).

Passados 30 anos, Kirby (2007) não somente conferiu atualidade ao debate engendrado por Ackoff, como também situou histórica e geograficamente os desdobramentos colocados em pauta nos continentes americano e europeu ao longo destes anos. A partir das várias teorias apontadas por Hansen (1989, *apud* KIRBY, 2007) para justificar a crise epistemológica da PO, KIRBY explorou “teoria da ciência contraproducente”, na qual as práticas da PO tiveram seus caminhos distorcidos, sem resultados satisfatórios, minando a confiança dos gerentes e empresários na sua aplicação. Esta teoria foi exemplificada com a empresa petrolífera britânica (*British Petroleum*), que havia usado intensivamente a modelagem baseada em programação linear na década de 1960, mas a metodologia não se sustentou com a crise petrolífera mundial do início da década de 1970.

Ainda no bojo dessa discussão, Dando e Bennett (1981, *apud* KIRBY, 2007) categorizaram três grupos de olhares metodológicos distintos relacionados à Pesquisa Operacional. Considerada a definição de paradigma<sup>13</sup> apresentada por Kuhn (1962) como o conjunto de realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência, as categorias apontadas são: a) paradigma clássico/positivista/quantitativo, baseado na modelagem matemática para abordagem dos problemas, que prevaleceu soberano nas primeiras décadas da PO, e se mantém como referência até o presente; b) a escola reformista, protagonizada por Ackoff, com a proposta de um planejamento interativo e socialmente responsável, e seus contemporâneos britânicos, como Checkland (1981), que internalizaram técnicas advindas das ciências sociais e propuseram metodologias de PO *Soft* e de pesquisa-ação; c) a crítica revolucionária, inicialmente preconizada por Rosenhead e Thunhurst (1982), de inspiração marxista, que possibilitaria a formulação da ciência dos trabalhadores, livre da exploração de classes que detêm o conhecimento nos modelos anteriores.

Vale lembrar que, na descrição de Kuhn sobre a estrutura das revoluções científicas, o conhecimento não deriva de acúmulo gradativo de dados e teorias, mas de episódios extraordinários do pensamento científico, com alterações bruscas das práticas e compromissos profissionais decorrentes das demonstrações da ineficiência dos padrões anteriores. De acordo com este conceito, o pensamento de Ackoff e de Checkland é considerado reformista visto que não nega o paradigma clássico, apenas

---

<sup>13</sup> Etimologia: gr. *parádeigma*, atos 'modelo, exemplo', do v. *paradeíknumi* 'por em relação, em paralelo, mostrar'.

o aprofunda e o enriquece ao aumentar a sua abrangência resolutive<sup>14</sup>. Ainda segundo Kirby, a proposta revolucionária arrefeceu nos anos subsequentes, já que se achava muito vinculada àquele contexto histórico dos primeiros anos de governo Margaret Thatcher, com medidas inibitórias para com o partido dos trabalhadores. De forma contrária, após 30 anos de debate, o paradigma clássico e as suas reflexões reformistas se mantêm íntegras e alimentando o desenvolvimento científico da disciplina. O futuro da pesquisa operacional não é passado.

Vidal (2006) também traçou um histórico do desenvolvimento da disciplina a partir dessas referências epistemológicas, definindo três modelos paradigmáticos, quais sejam: a) Pesquisa Operacional (PO) dura (*Hard*) ou técnica, caracterizada pela estruturação dos problemas e modelagem mecanicista, predominantemente baseada em técnicas exatas de otimização e de simulação, para apoio à tomada de decisões pelas altas hierarquias organizacionais; b) PO *Soft* ou prática, ou participativa, de referência sistêmica, que toma emprestadas técnicas das ciências sociais e humanas, insere a subjetividade e a construção de consenso nos modelos e busca a estruturação dos problemas mal definidos; c) PO crítica ou radical, que introduz abordagens de cunho social e político no cenário da tomada de decisões, a qual deve abarcar a totalidade dos indivíduos que sofram qualquer tipo de impacto a partir da mesma. Para o autor, as 03 (três) vertentes se complementam e trazem novas perspectivas para a disciplina, entre elas, a) a “multimetodologia”, que combina técnicas e paradigmas na abordagem dos problemas complexos, b) a solução dos problemas de forma participativa, que incorpora dinâmicas de pesquisa-ação, c) o pensamento sistêmico, baseado no diálogo entre a reflexão científica e a ética, que aprofunda a relação entre o problema e o seu ambiente (social, político, técnico, subjetivo), d) a PO criativa, que congrega pensamentos divergentes e convergentes no processo de solução dos problemas.

É possível estabelecer um paralelo entre as categorias sintetizadas por Kirby e Vidal (entre clássicos e PO *hard*; entre reformistas e PO *soft*; entre revolucionários e críticos), porém, o segundo autor teve como modelo para argumentação uma reflexão sobre a racionalidade cognitiva que direciona o homem para busca do conhecimento desenvolvida por Habermas (1987). Segundo Habermas, existem dois interesses principais: o técnico (relacionado ao trabalho) e o prático (ligado à interação). A importância do trabalho leva a humanidade ao interesse técnico para adquirir a capacidade de predição e o instrumental para o controle dos sistemas naturais e

---

<sup>14</sup> Nesse sentido, dado o tom por vezes pejorativo da palavra reformista (indivíduo ou instituição avessos à mudança), Kirby prefere identificar Ackoff como um “revolucionário conservador”, termo que também consideramos mais apropriado.

sociais, levando à criação de hipóteses e teoremas. De forma complementar, a interação garante a expansão de possibilidades para a compreensão intersubjetiva entre aqueles envolvidos nos sistemas sociais, e o desenvolvimento da linguagem é a principal ferramenta para a comunicação e a cooperação coordenada das ações (agir comunicativo). Essas duas racionalidades seriam suficientes se vivenciadas em um mundo ideal. No entanto, como o ambiente sócio-político é capaz de distorcer ambos os domínios, surge a necessidade de uma terceira linha de conhecimento, ou de uma corrente emancipatória, qual seja, a ciência crítica e filosófica, que procura revelar e lidar com estas distorções. A coexistência desses interesses permite que os paradigmas se confrontem entre si na base de uma conversação reflexiva (MORGAN, 1986). Essas colocações serão retomadas mais adiante, dado que estabelecem um elo entre a PO e as ciências da saúde.

Kirby e Vidal também afirmaram que houve diferenças geográficas na recepção das novas idéias dado que os questionamentos reformistas não trouxeram maior reflexão nos Estados Unidos; muito menos, os revolucionários. Na Europa, por outro lado, alguns desdobramentos metodológicos se desenvolveram, tal como a abordagem de problemas sociais complexos e a PO comunitária.

O campo de pesquisa dos problemas sociais complexos (PSC) combina métodos e ferramentas de diversas disciplinas e se concentra na definição de cenários para abordagem multifacetada e estruturação de problemas de forte impacto social, como o atendimento às necessidades básicas de saúde, alimentação e habitação; a identificação e saneamento das causas de deficiência educacional; o enfrentamento de calamidades públicas decorrentes de inundação, incêndio e violência, entre outros. Trata-se de uma fase pouco explorada pela PO clássica, que enfatiza o momento da escolha e caracterização dos modelos, ao invés dos problemas. Segundo DeTombe (2002), o campo dos problemas sociais complexos cobre todas as fases no processo de lidar com um problema, desde a percepção do problema até a avaliação das intervenções. As causas destes problemas são múltiplas e difíceis de precisar, os dados são diversas vezes deficientes e conflitantes. Os problemas envolvem diferentes atores, como governos locais ou gerais, companhias de diferentes escalas, organizações comunitárias e de trabalhadores, cada um com seu próprio ponto de vista, objetivos e reações emocionais. A abordagem para esses problemas é pluralista, sistêmica, interativa, também fundamentada na posição filosófica e sociológica de Habermas, além de especialmente preocupada com as diferenças de poder dos atores envolvidos (emancipação) e com a ética de intervenção a qual deve definir uma agenda política (JACKSON, 2001).

A PO comunitária é mais uma inovação de escopo, mais inclusivo, do que de método, amplamente calcado na comunhão de técnicas e sistemas de pensamento crítico. Em 1986, a Sociedade de Pesquisa Operacional do Reino Unido e o seu então presidente, professor Jonathan Rosenhead, lançaram a PO comunitária, que tinha como principal objetivo ampliar a gama de clientes para além das grandes organizações, também incluindo a sociedade e as suas necessidades, que muitas vezes dispõe de poucos recursos. Segundo Migley e Ochoa-Arias (1999), a PO comunitária sempre tendeu a possuir uma visão normativa e construída a partir de diferentes opções políticas, e não necessariamente norteadas pelo materialismo histórico (entre elas, liberalismo, marxismo, e “comunitarismo”, hoje, muito representado pelos movimentos de preservação ambiental).

Adicionalmente, os questionamentos então introduzidos tiveram como importante resultado o aprofundamento da reflexão ética para essa disciplina científica que, ao diagnosticar e abordar problemas, traz à tona questões intimamente relacionadas ao comportamento humano e que jamais poderiam estar descoladas da avaliação de suas normas e valores ordenadores.

Nos últimos 10 anos, a discussão ética na PO foi mais frequentemente colocada em pauta devido ao impacto social crescente das tecnologias geradas pelo homem e à necessidade de definição de prioridades para alocação de recursos cada vez mais escassos num mundo caracterizado por desigualdades sociais e sob a ameaça crescente de transtornos ambientais de risco para a humanidade (BRANS e GALLO, 2004). A primeira tentativa sistemática de abordar as implicações éticas da modelagem em PO foi escrita por Wallace (1994), porém, somente em 2000, a conferência EURO OR, realizada em Budapeste, teve esta temática enfatizada em palestra de abertura. Na ocasião, foi proposto um código de ética, o então denominado “Juramento de Prometeu”, ou seja, daquele que roubou o fogo dos deuses para oferecê-lo aos homens, numa metáfora/analogia à natureza da decisão advinda da PO. Se, no paradigma positivista, os modelos eram pautados em padrões universais das ciências naturais, como se por deuses tivessem sido criados, a introdução das subjetividades e a avaliação do impacto social da reprodução da realidade puderam ser comparadas ao roubo do semideus que humanizou e tornou relativas as abordagens do conhecimento (BRANS, 2002a).

As primeiras reflexões sobre a ética na PO tratavam da legitimidade científica dos modelos, os quais tinham a objetividade como sua principal característica de valoração, e da existência de códigos de conduta pautados na responsabilidade deontológica dos pesquisadores: objetividade com clareza de pressupostos, honestidade, uso de dados acurados, transparência quanto às suas limitações. Essa

abordagem seria chamada por Menestrel e Wassenhove (2004) como “ética externa à PO”. Os mesmos autores assinalaram o início da aplicação da “ética interna à PO” a partir da década de 1970 quando, com o desenvolvimento de técnicas de Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA), os pesos dados aos critérios para combinar múltiplas funções objetivo poderiam se basear na opinião dos atores envolvidos e, portanto, aceitar a introdução da subjetividade no modelo. Com essa perspectiva, Brans (2002b) chegou a propor um conjunto específico de pesos relacionados aos aspectos éticos da decisão. Finalmente, para aprofundar a abordagem da ética aplicada à PO, os autores propuseram uma “ética além da PO”, que consideraria tanto o modelo propriamente dito (quantitativo) quanto o processo de modelagem, qualitativo, pelo qual o mundo real seria apreendido antes da sua matematização. O sucesso deste último estaria atrelado à íntima comunicação entre o analista e os tomadores de decisão, ou os *stakeholders*, indivíduos afetados pela decisão. Desta feita, a “ética além da PO” seria comunicacional, mais uma vez funcionando como uma ponte entre as dimensões teórica e prática do comportamento humano (HABERMAS, 1992, *apud* MENESTREL e WASSENHOVE, 1994).

## **2.2) Especificidades do Objeto da Aplicação: Epidemiologia e Planejamento em Saúde.**

O terreno sobre o qual se pretende aplicar a metodologia é o de Planejamento em Saúde, que tem hoje, entre suas principais “ciências básicas”, ou fornecedoras de material metodológico, a epidemiologia, notadamente, a epidemiologia voltada para avaliação de serviços.

A epidemiologia, por sua vez, também tem sido foco de discussão sobre seu caráter de ciência aplicada<sup>15</sup>, tendo vivenciado nas últimas décadas uma crise epistemológica em muitos aspectos análoga àquela apresentada para pesquisa operacional. Susser e Susser (1996) descreveram a evolução histórica da epidemiologia moderna e demarcaram três eras distintas, discutindo contribuições e limites de cada paradigma: a) era das estatísticas sanitárias e da teoria miasmática para explicar as pestilências, desde meados do século XIX até a virada para o século XX; b) era da epidemiologia das doenças infecciosas e a teoria dos germes como fatores suficientes para o aparecimento das doenças, até meados do século XX; c) era da epidemiologia das doenças crônicas, da multicausalidade, e do “modelo da caixa

---

<sup>15</sup> Por definição, ciência básica busca compreender o mundo ao capturar os padrões que se repetem; a ciência aplicada usa esta compreensão para gerar novas hipóteses que podem ter utilidade prática. Já as tecnologias controlam e alteram a realidade por meio do desenho de sistemas artificiais baseados em conhecimento científico (GRANADOS, 1999).

preta”. Na primeira era, apesar da ignorância sobre os fatores geradores de doenças, então atribuídos às emanções pestilentas do solo, ar e água, foram implantadas medidas sanitárias (de drenagem, limpeza e higiene urbana) que tiveram forte impacto positivo na saúde da população. Na segunda, com o desenvolvimento da teoria da transmissão de doenças por microrganismos, houve o desenvolvimento de testes imunológicos e de vacinas para interrupção da transmissão, mas igualmente um arrefecimento do enfoque nos fatores socioculturais para o desenvolvimento das doenças.

O paradigma da caixa preta, também chamado positivista, surgiu após a segunda guerra mundial, quando as doenças cardiovasculares e neoplasias começaram a superar as doenças infecciosas como principal causa de mortalidade. Apoiados por técnicas computacionais de estatística (predominantemente regressões lineares), os estudos buscavam correlacionar exposição individual a fatores de risco ao resultado (aparecimento de doença crônica), muitas vezes sem necessidade de compreender os fatores intervenientes ou a patogênese da doença propriamente dita. Este paradigma, também conhecido como modelo de risco ou de inferência causal, ainda persiste hegemônico até o presente, principalmente devido à ampla aplicação na prática clínica (Medicina Baseada em Evidências ou Epidemiologia Clínica), porém, tem sofrido inúmeras críticas, tais como o afastamento do mundo real (onde ocorrem inúmeras interações não-lineares entre as variáveis quantitativas) e a ausência de tratamento específico para com o contexto social que influencia o processo saúde-doença (SCHRAM e CASTIEL, 1992; MATIDA e CAMACHO, 2004).

Neste cenário de críticas, surgiu desde os anos 70 um movimento emancipatório, a Epidemiologia Social, que estuda os determinantes sociais da doença, a vigência de modelos econômicos excludentes e seu impacto sobre as condições de vida (LAURELL e WENCES, 1994). Esta corrente contou com arsenal metodológico das ciências sociais e imprimiu forte difusão na América Latina (LAURELL, 1976; BREILH, 1991).

Outras críticas propuseram o resgate da epidemiologia enquanto um saber estruturante da saúde pública, de abordagem sistêmica e integradora, valendo destacar as definições de Castellanos (1995) e de Samaja (1993) para a disciplina. A epidemiologia, para Castellanos, tem como principal função a descrição do processo saúde-doença e a explicação dos fenômenos de saúde nas coletividades, para sua transformação. Deve ter como objeto o estudo da saúde e doença *das* populações como um todo (não mais interpretadas como a soma dos indivíduos que as compõem), que têm como principal atributo a interação entre seus membros, gerando organização e hierarquias que, se abordadas em diferentes níveis, podem auxiliar a tomada de



decisões em saúde pública. Samaja assinala que a epidemiologia trabalha com realidades que constituem sistemas abertos, por cima e por baixo, e a investigação científica das variáveis deve considerar o nível estrutural (da organização), contextual (acima) e analítico (abaixo).

Uma vez definido o objeto da epidemiologia, vale citar a contribuição do pensamento de Habermas para o construto da legitimidade científica da disciplina nas últimas décadas. Ou seja, a validação de seus pressupostos assumiu a forma de um discurso comunicativamente operante entre os diversos atores que participam do olhar ao processo saúde-doença (AYRES, 1994). Segundo esse princípio, existem três níveis de legitimação da verdade na ciência, em geral, e na epidemiológica, em particular. São eles: a proposição de enunciados coerentes com a realidade de contextos intersubjetivamente compartilhados; o potencial desses enunciados para a implementação de projetos sociais definidos; a capacidade de estabelecer a efetiva comunicação. Conforme colocado por Almeida Filho (1989), em sua incursão epistemológica sobre teoria, objeto e métodos da epidemiologia:

“Mesmo assim, parece que a realidade, independentemente de nós, aspirantes a cientistas, coloca fenômenos que só podem ser entendidos através de miradas diferentes”.

Ainda segundo Almeida Filho, os modelos epidemiológicos são instrumentos heurísticos, estruturados de acordo com as suas funções de representação e comunicação de idéias, os quais possuem sintaxe (conjunto de regras que definem as relações dentro de um modelo) e semântica (significado dos elementos do modelo). Para o autor, os modelos positivistas prevalentes no paradigma do risco tratam da semântica, sem a preocupação com a sintaxe, diferentemente das outras abordagens, como as sistêmicas, que consideram as intersubjetividades.

Com o resgate do componente social pela epidemiologia, esta ciência incorporou o papel de definição do objeto do planejamento em saúde por meio da elaboração de diagnósticos e análises de situações de saúde, da elaboração de planos e programas, da organização de ações e serviços, da definição de critérios para a repartição de recursos e, finalmente, através da avaliação de sistemas, políticas, programas e serviços de saúde (TEIXEIRA, 1999). No Brasil, este enfoque epidemiológico do planejamento foi estabelecido como consenso desde a reforma sanitária brasileira na década de 1980, que culminou com a criação do Sistema Único de Saúde (SUS) na Constituição de 1988<sup>16</sup>. Note-se que, além da definição das

---

<sup>16</sup> De acordo com a Lei Orgânica da Saúde 8.080, de 19 de setembro de 1990, que regulamenta o SUS: ... “Capítulo II: Dos Princípios e Diretrizes... Art. 7º, VII – Utilização da

prioridades de planejamento, ou seja, dos problemas relevantes por serem enfrentados, a epidemiologia fornece os meios, ou a metodologia necessária para diagnóstico e avaliação das intervenções propostas.

Entende-se por planejamento como o momento de desenho no interior do processo de gerenciamento/gestão de serviços e sistemas. Neste processo, o planejamento funciona como ferramenta organizacional que valoriza a condução da ação no desenvolvimento das organizações sendo, simultaneamente, mediado e subordinado à cultura das mesmas (RIVERA e ARTMANN, 1999).

O planejamento de Estado em saúde teve sua origem como forma de regulação global alternativa à economia de mercado dos países capitalistas. Os modelos socialistas, que influenciaram a planificação em saúde na América Latina desde a década de 1960, eram normativos, calcados em um ator único, tecnocrático, que subordinou as relações intersubjetivas a uma visão de desenvolvimento com base no determinismo econômico (RIVERA, 2003). Esse modelo de planejamento em saúde teve como documento demarcatório na América Latina o CENDES/OPS (AHUMADA *et al.*, 1965), que assumia o enfoque epidemiológico normativo, sendo incapaz de representar a diversidade de perspectivas dos diversos grupos populacionais. No CENDES/OPS, os critérios utilizados para a identificação de prioridades em saúde seriam baseados na magnitude (mortalidade proporcional), vulnerabilidade (susceptibilidade a tecnologias) e transcendência social (impacto) das doenças e agravos em questão.

Em contraposição ao modelo positivista de planejamento, o planejamento estratégico em saúde (PES) surgiu em meados da década de 1970, ao incorporar a análise da viabilidade política como um componente central do planejamento e ao trazer à tona a necessidade do diálogo entre os atores do processo avaliativo (RIVERA, 1989). Nesse sentido, foram criados vários métodos para possibilitar fluxos de comunicação ampliada e de negociação de compromissos, muitos deles baseados em técnicas de Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA), para a construção de matrizes operacionais. Entre as críticas dirigidas ao PES, estaria a inexistência de uma reflexão sobre a viabilidade cultural das propostas e a necessidade de desenvolvimento específico de tecnologias de negociação cooperativa. Sob essa ótica, uma grande ênfase na literatura passou a ser dirigida à ação ou agir comunicativo nos processos coletivos de trabalho. Essas ações, inspiradas na teoria da ação racional e da decisão em Habermas (RIVERA, 1995), visam à construção de consenso em torno de propostas de organização e gestão cotidiana do trabalho em saúde orientado ao

---

epidemiologia para o estabelecimento de prioridades, a alocação de recursos e a orientação programática”...

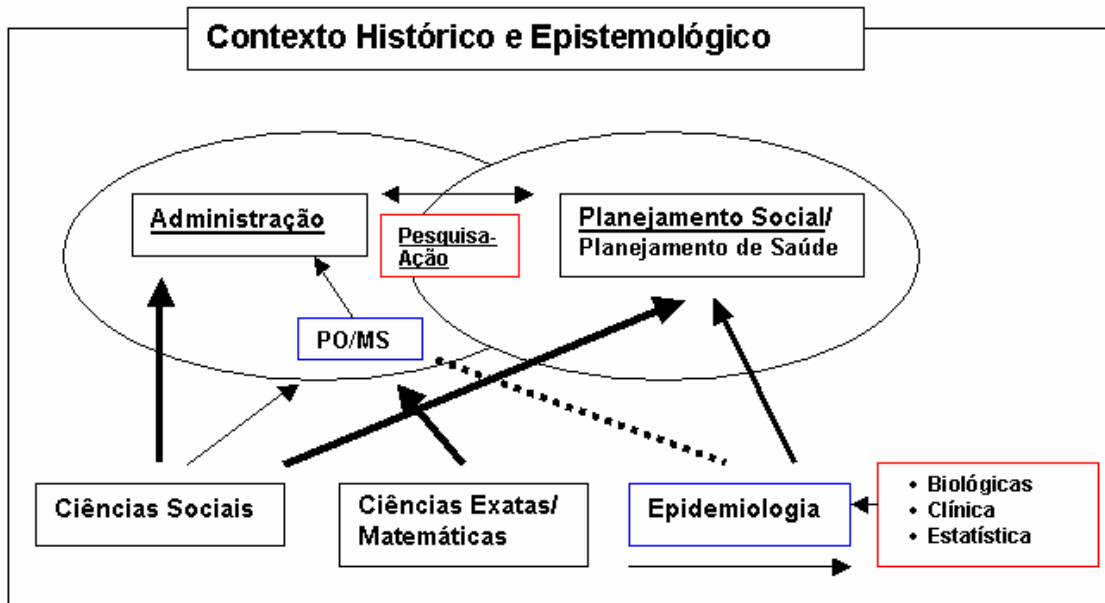
enfrentamento e solução dos problemas de saúde da população em sua dinâmica social e histórica (TEIXEIRA, 1989).

### **2.3) Síntese do Quadro Teórico: Encontros e Desencontros entre Pesquisa Operacional (PO) e Epidemiologia de Serviços de Saúde.**

Administração de organizações, nas suas vertentes públicas ou empresariais, e planejamento social têm uma série de componentes compartilhados, não somente de influências históricas para o desenvolvimento de cada uma das áreas de atuação, mas também nas suas escolhas e ferramentais metodológicos de pesquisa.

No senso comum, e mesmo na literatura especializada, os termos administração, planejamento e gestão são tratados como intercambiáveis, e as suas especificidades conceituais e práticas variam de acordo com a formação ou o departamento acadêmico que trata do tema. A ciência da administração, por exemplo, cunhada como disciplina na sua acepção atual nos EUA na virada para o século XX, teve entre suas principais disciplinas acadêmicas básicas a pesquisa operacional, desde meados deste século. Isso explica a existência da disciplina da PO associada frequentemente aos departamentos de administração, de economia e/ou de engenharia de produção das universidades. A PO, dentro da administração, tem forte influência das ciências exatas, tendo incluído metodologias das ciências sociais somente a partir da década de 1970, com o surgimento da PO *soft*, embora em menor escala.

Já o planejamento específico em saúde localiza a formulação de seu objeto e metodologias nas escolas de saúde pública e tem a epidemiologia como principal ciência básica. Esta última, por sua vez, é suprida pelos seguintes substratos acadêmicos: as ciências biológicas, a clínica médica e as ciências estatísticas. No caso do planejamento, as ciências sociais também exercem enorme influência em sua concepção (somente em parte, através da epidemiologia). A matriz disciplinar do Quadro 1 procura desenhar as proximidades e os distanciamentos entre essas áreas do saber.



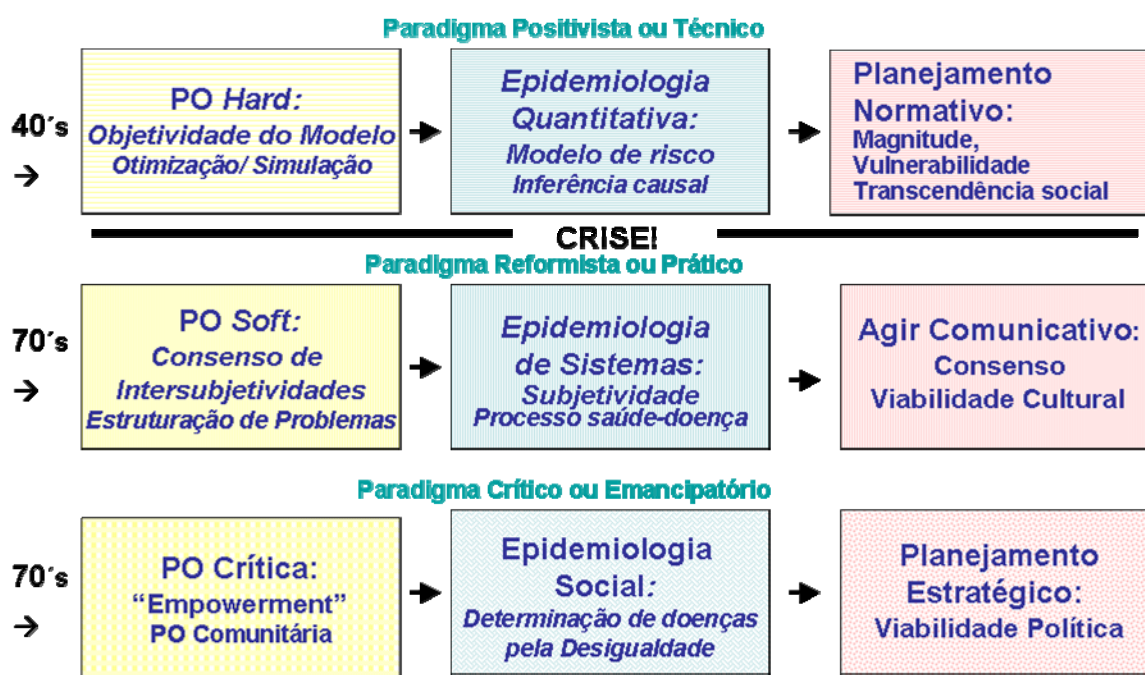
**Quadro 1: Matriz disciplinar: relação PO X Planejamento em Saúde.**

No tocante às suas respectivas “ciências básicas e aplicadas”, embora a ciência epidemiológica preceda a pesquisa operacional em praticamente um século, as duas vivenciaram um crescimento importante a partir da Segunda Grande Guerra, auxiliadas pelo desenvolvimento de ferramentas computacionais e de aplicações matemáticas, portanto, influenciadas pelo paradigma positivista. Nesse contexto, os algoritmos matemáticos da PO para a solução de problemas empresariais e a inferência causal, que trouxe enormes contribuições à clínica médica e medicina preventiva<sup>17</sup>, geraram desenvolvimento tecnológico apesar de um distanciamento das abordagens relacionadas à determinação social dos problemas enfrentados pela comunidade. A partir da década de 1970, ambas as disciplinas buscaram resgatar estes últimos fundamentos e a literatura científica de época não raro assumia a existência de uma verdadeira crise epistemológica gerada pela amplificação da natureza e da complexidade dos objetos das mesmas. Nessa década, houve forte incorporação de metodologias próprias das ciências sociais e a introdução de modelos sistêmicos nos processos explicativos dos problemas, conformando os chamados paradigmas: reformista e crítico, de acordo com as ênfases escolhidas pelos grupos de pesquisadores (se de incorporação subjetiva e inserção cultural, ou se de inclusão política, respectivamente). No quadro atual, vivencia-se a simultaneidade dos

<sup>17</sup> Como a descoberta da associação entre tabaco e câncer, por estudos de caso-controle (DOLL e HILL 1954), e a evidência dos fatores de risco cardiovasculares, pela coorte de Framingham, Massachusetts, com acompanhamento populacional desde 1948 (In: <http://www.nhlbi.nih.gov/about/framingham/index.html>).

diferentes paradigmas, que se complementam nas diferentes miradas para com os problemas.

O Quadro 2 sintetiza as correspondências entre PO, epidemiologia e planejamento em saúde apresentadas acima, tendo a teoria de conhecimento de Habermas como eixo norteador, com os seus respectivos paradigmas: positivista (conhecimento técnico); reformista (conhecimento prático) e crítico (emancipatório).



**Quadro 2: Correspondências Epistemológicas entre PO, Epidemiologia e Planejamento em Saúde.**

Apesar de estarem academicamente distanciadas, nos últimos anos, Pesquisa Operacional e Epidemiologia exerceram alguns diálogos nos campos conceitual, prático e metodológico.

No terreno conceitual, Avedis Donabedian (1980) foi o pesquisador que mais exerceu o diálogo entre a epidemiologia de serviços e a administração em saúde, tendo desenvolvido a estrutura teórica mais amplamente utilizada sobre a qualidade da atenção médico-hospitalar e as suas principais abordagens de avaliação. São elas: a) de estrutura: variáveis que denotam as condições e recursos necessários para que seja desenvolvido o cuidado de saúde (modelo de gestão, financiamento e custos, vinculação de ensino, número de leitos, de funcionários, etc.); b) de processo: ou seja,

variáveis que refletem as atividades ligadas à atenção de saúde propriamente dita, de promoção e prevenção, diagnóstico, tratamento e/ou reabilitação (média de permanência, taxa de ocupação, admissões por leito, procedimentos realizados, etc.); c) de resultado: mudanças alcançadas, desejáveis ou não, nos indivíduos ou populações, que podem ser atribuídas ao cuidado de saúde (mortalidade, medidas de produção hospitalar, satisfação do usuário, etc.). Segundo o autor, estrutura, processo e resultado não são atributos de qualidade, mas principalmente tipos de informação que podem ser obtidas para que se possam fazer inferências sobre a qualidade do serviço prestado. Essas inferências somente são válidas e apropriadas se for observado um pressuposto de relação entre as diferentes abordagens, ou seja, o de que a estrutura influencia os processos (fator condicionante) e de que os processos são determinantes para os resultados.

No terreno prático, o chamado paradigma reformista britânico da PO estimulou o aumento da sua abrangência de aplicação, gerando a utilização de suas técnicas em organizações complexas, tal como no Sistema Nacional de Saúde (NHS) Britânico, durante a década de 1970 (KIRBY, 2007). Numa análise feita por Smith (1995), comparando os modelos de avaliação do NHS nas décadas de 1970, 1980 e 1990, regidos pelas lógicas de PO clássica, de acompanhamento de indicadores de desempenho e a de mercado, respectivamente, o autor concluiu que houve falha nos modelos de PO clássicos principalmente devido à falta de consideração das prioridades dos políticos e dos gestores nos mesmos. Ou seja, embora a aplicação na saúde fosse um pressuposto do paradigma reformista, a ausência de comunicação entre os atores na implementação do modelo teve forte influência positivista.

No campo metodológico da administração e do planejamento em saúde, uma nova intersecção pôde ser observada com o desenvolvimento de metodologias participativas, multidisciplinares e interativas de negociação e de redefinição intersubjetiva, em prol do estabelecimento de compromissos sociais solidários. Desenvolveram-se, em ambos os setores, as técnicas de pesquisa-ação, que contribui “tanto para a resolução dos problemas práticos imediatos relacionados à situação abordada, quanto para os objetivos colaborativos das ciências sociais dentro de um quadro de delineamento de um consenso ético” (RAPPOPORT, *apud* EASTERBY-SMITH *et al.*, 2002).

Entretanto, apesar de todos os caminhos paralelos apontados (históricos, conceituais, práticos e metodológicos), PO e epidemiologia, bases para o apoio à decisão, ainda não estabeleceram um diálogo interdisciplinar sistemático. Para um epidemiologista padrão, PO significa pesquisa de campo ou avaliação de efetividade, ou seja, dos resultados de intervenções quando estas se aplicam no nível da

comunidade (no mundo real, das operações)<sup>18</sup>. Para certos profissionais de PO, epidemiologia também se restringe ao estudo das epidemias, ou da frequência de ocorrência de doenças e agravos nas populações, havendo desconhecimento sobre o seu papel na avaliação de desempenho de serviços de saúde e no estabelecimento de prioridades para o planejamento. Mesmo com a forte carga das matemáticas atribuída pelos colegas de cada uma das disciplinas (chamadas *hard* dentro de suas respectivas áreas de atuação), a epidemiologia calca-se principalmente nas ciências estatísticas e pouco se beneficia de outras técnicas probabilísticas, como a simulação; tampouco de ferramentas determinísticas, como programação linear<sup>19</sup>.

Atualmente, entende-se que a pesquisa de serviços de saúde é um campo multidisciplinar de investigação científica que estuda como os fatores sociais, os sistemas de financiamento, as estruturas e processos organizacionais, as tecnologias médicas e os comportamentos afetam o acesso à saúde, a qualidade e o custo dos cuidados e, em última instância, o bem-estar e a saúde da comunidade (LOHR e STEINWACHS, 2002). No tocante aos estudos da organização e desenho de serviços de saúde, a complementaridade de paradigmas e disciplinas é considerada essencial para a garantia de oferta de melhores cuidados de saúde. Para abarcar a complexidade do tema, Fulop *et al.* (2001) desenvolveram um trabalho que mostrou a necessidade do uso complementar das várias áreas de conhecimento e discutiu as limitações e possibilidades de diferentes disciplinas e metodologias, entre elas, estudos organizacionais, psicologia organizacional, economia organizacional, análise política, pesquisa-ação, pesquisa histórica e antropológica, além, é claro, da epidemiologia e da pesquisa operacional. No capítulo que trata do uso da pesquisa operacional, Rosenhead afirmou que a maior limitação de aplicação da PO na organização e oferta de serviços de saúde é justamente a falta de penetração e de institucionalização da PO nas instâncias definidoras das políticas e práticas de saúde. Ou seja, a falta de um diálogo sistemático entre PO e epidemiologia de serviços.

Talvez essa questão seja definidora para o marco teórico deste trabalho, qual seja, a necessidade de incorporar as técnicas de pesquisa operacional ao arsenal metodológico da epidemiologia e, em contrapartida, apresentar um campo de aplicação mais abrangente para a PO, o da saúde pública nacional. Saúde pública

---

<sup>18</sup> Esta definição foi confirmada em conversa com vários especialistas da área. Também esta definição de efetividade, apregoada pela Organização Mundial de Saúde, não é consenso para analistas de PO.

<sup>19</sup> O uso da matemática pela epidemiologia tem sido atribuído predominantemente ao resultado de um ideário positivista, com incorporação mais lenta do caráter inovador das ciências exatas para o conhecimento humano, como a admissão das subjetividades, a inclusão de funções não-lineares e a aplicação da lógica *fuzzy*, apenas para citar alguns exemplos.

que, enquanto problema social complexo, exige abordagens diversas e complementaridade dos paradigmas vigentes. Desta feita, lidamos com um macro-objetivo, ou objetivo panorâmico: o estabelecimento de um processo dialógico, no qual existe um pressuposto de que as partes, no caso, as disciplinas, modificam e são modificadas dinamicamente no decorrer do discurso interdisciplinar. Ficam a cargo dos objetivos específicos as aplicações da PO para subsidiar a política dos hospitais de ensino brasileiros, mediante pesquisa avaliativa de eficiência.

#### **2.4) Delineamento da Pesquisa: Pesquisa Avaliativa e Política de Saúde.**

A avaliação dos programas públicos como componente do planejamento surgiu após a Segunda Guerra Mundial, no momento em que o Estado começou a assumir as ações voltadas para educação, saúde, emprego, etc. As primeiras abordagens tiveram um enfoque voltado para o desenvolvimento econômico, sendo que a necessidade precípua para avaliação sanitária ficou evidente a partir dos anos 70 devido à elevação crescente dos custos em saúde

No nosso trabalho, avaliar consiste em emitir um julgamento de valor a respeito de uma intervenção ou sobre qualquer um de seus componentes, com o objetivo de ajudar na tomada de decisões. Segundo Contandriopoulos *et al.* (1997), este julgamento pode ser resultado da aplicação de critérios e normas (avaliação normativa<sup>20</sup>) ou elaborado a partir de pesquisa avaliativa, um procedimento científico que representa um eixo de ligação entre a pesquisa sobre os estados de saúde e a pesquisa sobre as intervenções em saúde.

Do ponto de vista conceitual, os estudos de efetividade das intervenções tendem a estabelecer que as intervenções dos programas possuem relação causal com determinados efeitos (situação de saúde). Entretanto, apesar da ênfase nos estudos pautados em inferência causal, os estudos conhecidos em Epidemiologia como ecológicos <sup>21</sup>, mais apropriados para problemas complexos, mal estruturados e fortemente influenciados pelas mudanças de contexto, ganham nova dimensão quando o que se quer é justamente avaliar efeitos sobre grupos que não são uma simples agregação de efeitos individuais. Para esses estudos, espera-se que os métodos (e seus respectivos instrumentos) de medida contemplem todas as

---

<sup>20</sup> Como nas auditorias e na acreditação hospitalar.

<sup>21</sup> Em Epidemiologia, entende-se como estudo ecológico aquele que toma o agregado como unidade operativa. Estudos ecológicos abordam áreas geograficamente bem delimitadas (ou instituições, como as unidades de saúde no caso da epidemiologia de serviços de saúde), analisando comparativamente variáveis globais, como a média de frequência de uma variável na área estudada, e a correlação dessas médias com variáveis de contexto (ALMEIDA FILHO e ROUQUAYROL, 2003).



dimensões do fenômeno ou atributo que se quer medir (validade de conteúdo), que as medidas concordem com critérios definidos por outros métodos tomados como referência (validade de critério) e que exista uma teoria estabelecida que permita correlacionar o conceito que está sendo medido com a medida empírica gerada pelo processo de mensuração (validade de construção).

Uma intervenção, que pode ser uma política, um programa ou uma técnica, só pode ser levada adiante com a participação e com os diversos interesses de múltiplos atores nela envolvidos, e é composta por cinco componentes principais: objetivos; recursos; bens, serviços ou atividades; efeitos; contexto preciso em um dado momento. Conforme se situa a pesquisa de acordo com a relação entre seus componentes, ela pode ser decomposta em seis tipos de análise:

a) estratégica: avalia o grau de prioridade do problema e a escolha da intervenção para enfrentá-lo;

b) da intervenção: estuda a relação entre o objetivo da intervenção e os meios empregados, ou a validade da intervenção;

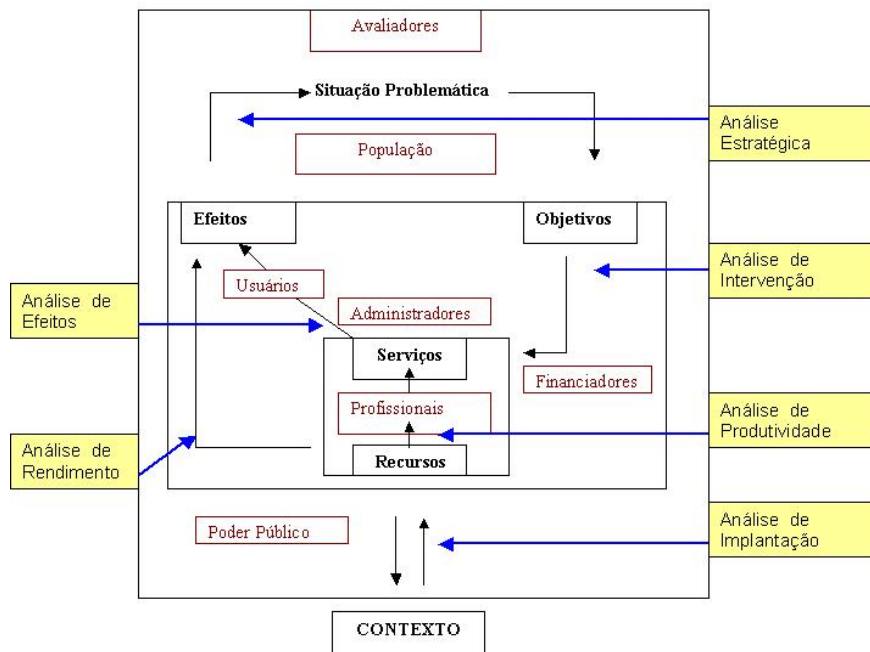
c) da produtividade: avalia o modo como os recursos são usados para produzir serviços;

d) dos efeitos: analisa a influência dos serviços nos estados de saúde da população;

e) do rendimento: avalia a relação entre recursos e os efeitos (estados de saúde);

f) da implantação: aprecia a influência do contexto nos efeitos da intervenção (ou a variação do grau de implantação nos efeitos observados).

O Quadro 2 (adaptado de CONTANDRIOPOULOS *et al.*, 1997) mostra a relação entre os componentes, análises e atores envolvidos. Note-se que o papel do avaliador é o mesmo do pesquisador-ator dado que, ao mesmo tempo em que ele concebe e interpreta a realidade, pratica uma ação que a transforma. Daí a importância tanto dos saberes técnicos, como dos comunicativos (interpessoais) durante a avaliação (HARTZ e CAMACHO, 1996).



**Quadro 3: Modelo de Avaliação** (adaptado de Contandriopoulos *et al.*, 1997).

Para recorte de um terreno no interior desse complexo escopo de aplicação, trata a presente tese de exercer uma pesquisa avaliativa, principalmente uma análise de eficiência sob a ótica da produtividade e de rendimento no interior da Política de Reestruturação de Hospitais de Ensino. Análises de produtividade e de rendimento consideram a relação entre os recursos/ *inputs* e os *outputs* intermediários (serviços dispensados) e/ou os finais (estados de saúde).

Vale ressaltar que eficiência é considerada como um dos sete principais componentes da qualidade dos serviços de saúde, que são: além da eficiência, eficácia, efetividade, otimização de recursos, aceitabilidade, legitimidade e equidade (DONABEDIAN, 2003). A importância dessa dimensão pode ser exemplificada pelo alto e crescente percentual do PIB (produto interno bruto) que é investido em saúde nos diversos países do mundo, que pode variar de 3,9 % na Turquia a 13,6% nos EUA (RETZLAFF-ROBERTS *et al.*, 2004) sem que haja garantia de correlação direta entre essa proporção e a qualidade dos serviços prestados de saúde .

Finalmente, para o estabelecimento de um nexos entre pesquisa avaliativa e política de saúde, e entre política de saúde e oferta de cuidados de saúde, considera-se que a abordagem de uma política deve ser ampla o suficiente para contemplar a complexa interação entre os diversos fatores que influenciam o estado saúde das populações, entre eles, os biológicos, os ambientais e os comportamentais. Nesse contexto, existe capilaridade entre o sistema público de saúde, a oferta de serviços e as forças societárias que influenciam a saúde como um todo. A pesquisa de serviços

de saúde produz conhecimento sobre o desempenho do sistema de saúde e a política de saúde utiliza esse conhecimento para definir os problemas e as alternativas de enfrentamento dos mesmos. Conforme já exposto, a pesquisa de serviços de saúde é um campo multidisciplinar de investigação, teórica e aplicada, que estuda os custos, qualidade, acesso, oferta, organização, financiamento e resultados alcançados dos serviços de atenção à saúde. Os conceitos e métodos advindos da pesquisa orientam a formulação e avaliação da política de saúde, por meio da descrição e análise da estrutura, dos processos e dos resultados associados a diferentes alternativas de ação (ADAY *et al.*, 2004).

A pesquisa avaliativa aplica métodos e gera resultados. O que se deve ter em mente é que, entre estes resultados obtidos e a real implementação de ações a ser exercida pelo gestor de saúde, ainda existe uma fase de julgamento e de tomada de decisão. Para que exista uma relação positivamente correlacionada entre avaliação e tomada de decisão, alguns pressupostos devem ser considerados: a) a “pertinência” da avaliação, ou a sua capacidade de responder aos problemas com que se defrontam as instâncias decisórias; b) a fundamentação teórica, que possibilita a construção de consensos entre os diversos atores envolvidos; c) a credibilidade, que depende da qualidade da investigação e de sua validade científica (CONTANDRIOPOULOS, 2006). Pesquisador e gestor são atores distintos na formulação de políticas de saúde, com as suas respectivas características pessoais, e nem sempre com influências paradigmáticas comuns, se consideradas as diferenças das organizações a que pertencem. Para o sucesso da relação entre academia e política social, já foi proposto o estabelecimento de “jogos de linguagem” que traduzam as questões e respostas científicas em conhecimentos úteis aos tomadores de decisão, ou seja, a criação de metáforas para os modelos cognitivos que dão sentido à realidade (SOUZA e CONTANDRIOPOULOS, 2004)<sup>22 23</sup>. Um exemplo claro do jogo metafórico pode ser atribuído ao trabalho de Morgan (1986), que “traduziu” para os gerentes a prática e o conceito do discurso científico quando representou os diversos comportamentos encontrados nas instituições e empresas em imagens da organização.

---

<sup>22</sup> Segundo Rosenhead, a metáfora é uma figura de linguagem na qual um termo descritivo é transferido para um objeto distinto e não relacionado. “Figura legítima, a metáfora tem a capacidade de iluminar um fenômeno de forma diferente de modo que a significância do mesmo pode ser enriquecida ou substituída por interpretações advindas de campos diferentes”. (In *Complexity Theory and Management Practice*: <http://www.human-nature.com/science-as-culture/rosenhead.html>)

<sup>23</sup> Segundo Borges, metáforas são “simpatias secretas dos conceitos” (In: *História da Eternidade*. 1989, SP: Ed. Globo).

## 2.5) Avaliação de Eficiência na Pesquisa Avaliativa: DEA, possibilidades e limites

Nos últimos anos, a pesquisa avaliativa em saúde não tem enfatizado o desenvolvimento de metodologias para abordagem de eficiência. Quando presentes na área da saúde, as técnicas costumam estar baseadas na comparação de razões unitárias com as respectivas médias das categorias analisadas e a variável de natureza monetária tem sido considerada a base dos estudos de custo-efetividade (HARTZ e POUVOURVILLE, 1998).

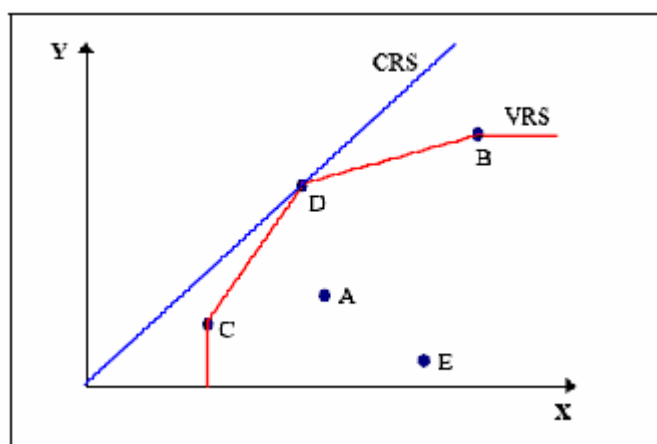
No nosso trabalho, a metodologia escolhida para abordagem de eficiência, e oriunda da pesquisa operacional, é a Análise Envoltória de Dados (DEA), que tem a capacidade de definir escores sumários, comparar o desempenho das unidades, estabelecer os *benchmarks* e as melhorias cabíveis para o planejamento futuro das organizações, sem que haja necessidade da informação prévia sobre custos e preços (LINS e MEZA, 2000).

DEA foi introduzida por Charnes *et al.*, em 1978, para avaliação de escolas públicas americanas. Foi desenvolvida nos anos subsequentes, notadamente na última década, quando da introdução de julgamento de valor e de restrição aos pesos na modelagem. Trata-se de um método que, embora hoje prevaleça aplicado ao setor privado (bancário, por exemplo), nasceu com o objetivo avaliar o desempenho no setor público, sob a ótica de eficiência produtiva, onde não havia o “mercado” para selecionar as organizações mais eficientes, nem um modelo de regulação que garantisse aumento de eficiência.

A medida de eficiência em DEA é realizada pela comparação de um conjunto de unidades similares, denominadas DMUs (*Decision Making Units*), as quais consomem os mesmos *inputs* para produzir os mesmos *outputs*, diferenciando-se unicamente nas quantidades consumidas e produzidas. Uma DMU será eficiente se, comparativamente às demais, tiver maior produção para quantidades fixas de recursos (orientação a *output*) e/ou utilizar menos recursos para gerar uma quantidade fixa de produtos (orientação a *input*). Ao definir as DMUs com as melhores práticas, DEA constrói uma fronteira de produção empírica, e o grau de eficiência varia de 0,0 a 1,0 (ou de 0 a 100%), dependendo da distância da unidade à fronteira. Para que as unidades sejam consideradas eficientes, aplica-se ainda a lógica de “Pareto-Koopmans”, na qual uma unidade presente na fronteira somente será eficiente se não for possível reduzir nenhum *input*, ou aumentar qualquer *output*, sem que se tenha que aumentar simultaneamente outro *input*, ou reduzir outro *output*. Na escolha dos *inputs* e dos *outputs*, e de acordo com a definição de Donabedian já apresentada, vale

destacar que variáveis de estrutura são inputs para processos e resultados e que variáveis de processo são *inputs* para os resultados observados.

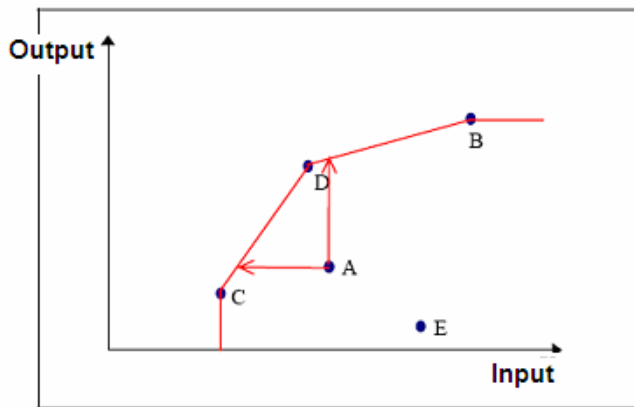
Os modelos clássicos de DEA<sup>24</sup> podem considerar no formato da fronteira: retornos constantes de escala (CRS, *Constant Returns to Scale* ou CCR, Charnes, Cooper e Rhodes, autores) ou retornos variáveis de escala (VRS, *Variable Returns to Scale* ou BCC, Banker, Charnes e Cooper, autores) (Figura 1). Nestes modelos, para que a fronteira seja atingida pelas unidades ineficientes, é exigida a redução equiproporcional dos *inputs* (modelo orientado a *input*) ou aumento equiproporcional de *outputs* (modelo orientado a *output*).



**Figura 1: Relações entre as fronteiras CRS e VRS.**

Na construção matemática do modelo em DEA, as técnicas de programação linear e a teoria da dualidade permitem construir a fronteira de referência para uma dada tecnologia a partir de um conjunto de observações (superfície multidimensional, gerada por combinação linear das DMUs eficientes) e calcular a distância da fronteira para cada uma das observações individuais (modelo do envelope). No modelo do envelope, a projeção espacial das unidades ineficientes na fronteira está delimitada por um conjunto de referência de unidades eficientes (daí, o termo técnico *benchmark*). A Figura 2 mostra a distância entre uma unidade ineficiente (A) e a fronteira VRS, conforme a orientação. Se for a *input*, terá as unidades C e D (principalmente C) como *benchmarks*; se for a *output*, as unidades B e D (principalmente D).

<sup>24</sup> O detalhamento matemático dos modelos de programação linear citados está no Anexo 1.



**Figura 2: Projeções das Orientações na Fronteira de Eficiência (VRS).**

O poder analítico da técnica pode ser ampliado pelo modelo dos multiplicadores no qual, 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 multiplicadores  $u$  e  $v$  (pesos para variáveis de *output* e de *input*, respectivamente) de modo a ter a maior eficiência possível. Uma vez que produção é um processo no qual recursos (*inputs*) são utilizados para gerar produtos (*outputs*), a fronteira de produtividade pode ser definida como a máxima quantidade de *outputs* obtida a partir dos *inputs* utilizados, desde que nenhuma DMU tenha eficiência superior a 1,0 (100%). A eficiência de cada DMU é, portanto, a soma ponderada das saídas dividida pela soma ponderada das entradas, a distribuição dos pesos ocorrendo, em primeira instância, sem a interferência do decisor.

O Quadro 4 mostra a modelagem DEA clássica para VRS, orientada a *input*. Se fosse orientada a *output*, o modelo do envelope buscaria a maximização na função-objetivo; o dos multiplicadores, a minimização. No modelo envelope, os símbolos de letra grega  $\lambda$  correspondem a variáveis de intensidade relacionadas à distância à fronteira. Ainda no envelope, a distinção matemática do VRS está na existência da restrição para que o somatório dos  $\lambda$ s seja igual a um (1,0) (gerando a convexidade da fronteira). No modelo dos multiplicadores com VRS, surge uma variável  $u_0$ , a qual terá correspondência numérica com o intercepto da fronteira. Observe-se que o argumento da objetividade do modelo, sem opinião do gestor, é compatível com o paradigma positivista preponderante no momento histórico do surgimento da técnica.

**Modelo envelope/ orientado a *input*/VRS:**

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta_o - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+) \\ \text{subject to} \quad & \\ & \theta_o x_{io} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m; \\ & y_{ro} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ \quad r = 1, 2, \dots, s; \\ & 1 = \sum_{j=1}^n \lambda_j \\ & 0 \leq \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \quad \forall i, r, j. \end{aligned}$$

**Modelo multiplicador/ orientado a *input*/VRS:**

$$\begin{aligned} \max \quad & z = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - u_o \\ \text{Sujeito a} \quad & \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_o \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \\ & v_i \geq \varepsilon, \quad u_r \geq \varepsilon, \quad u_o \text{ Livre em sinal} \end{aligned}$$

**Quadro 4 : Modelos - Envelope e Multiplicadores/orientados a *Input*/VRS.**

A maior limitação da estrutura matemática dos modelos clássicos é que, na busca da solução ótima, podem ser gerados pesos nulos para variáveis importantes e, portanto, índices de eficiências incompatíveis com a realidade observada. Quando algumas variáveis consideradas fundamentais são preteridas no modelo, por receberem peso zero, são gerados resultados que reduzem a credibilidade do modelo e a confiança do tomador de decisão.

Para contornar essa limitação, e dentro de uma perspectiva reformista, iniciou-se o processo de incorporação da opinião do decisor por meio da introdução das restrições aos pesos (ALLEN *et al.*, 1997). No caso da variável ser tratada como essencial, ou se existir a necessidade de uma relação numérica lógica entre as variáveis, o modelo pode ser alterado com restrições impostas às equações que geram os hiperplanos das fronteiras de produtividade, mais uma vantagem do uso do modelo dos multiplicadores.

Entre as restrições<sup>25</sup>, a de maior uso é baseada em práticas preferenciais ou restrições de razões entre pesos (*Assurance Region Method*), na qual são definidos os limites inferiores e superiores atribuídos às razões entre os multiplicadores de duas

<sup>25</sup> Detalhamento no Anexo 1.

quaisquer variáveis. Por outro lado, a restrição de maior facilidade de compreensão pelos formuladores de políticas, pouco afeitos às matemáticas, é chamada “participação virtual” (p-virtual), em que se observa e se delimita a participação proporcional de cada produto “peso X variável” no resultado de eficiência observado (Quadro 5). A análise do p-virtual permite discriminar incongruências da realidade modelada e propor correções. Mediante as restrições aos pesos, a fronteira passa a ser redesenhada de acordo com a perspectiva do decisor, a qual varia de acordo com a posição do mesmo em relação ao sistema. Finalmente, no caso do decisor não ser um ator único, o que tem sido a regra, metodologias criadas para o desenvolvimento de consenso, que admitem a subjetividade, podem ser associadas para a escolha das variáveis e limites de pesos a serem inseridos no modelo.

$$LB \leq \frac{X_1 U_1}{\sum X_i U_i} \leq UB \qquad LB \leq \frac{Y_1 V_1}{\sum Y_i V_i} \leq UB$$

Onde LB significa o limite inferior (*Lower Bound*) e UB significa limite superior (*Upper Bound*).

**Quadro 5: Restrição de Participação Virtual.**

Conforme já exposto, sob a ótica positivista, a introdução das restrições aos pesos por meio da opinião do decisor ou especialista implica na inserção de subjetividade no interior do modelo e costuma sofrer a crítica relacionada à validade do mesmo. Da mesma forma, a precisão ou confiabilidade (*reliability*) - ou a menor variabilidade dos resultados – sofre quando são incorporadas as subjetividades ao modelo. Esse é o preço da aproximação ao mundo real, com seus atores e intersubjetividades atuantes. A metodologia DEA, portanto, admite e necessita da existência concomitante do conjunto de paradigmas apresentados.

Em respeito às questões éticas, essa posição relativa dos resultados deve ser claramente explicitada durante a apresentação da metodologia, assim como as demais etapas e passos percorridos antes da chegada a eles. A “ética externa à PO” é complementada pela “ética interna à PO”, a partir do momento da introdução dos pesos e das subjetividades, até chegarmos ao conceito apresentado de Menestrel e Wassenhove (2004), da “ética além da PO”. Neste caso, admite-se o modelo clássico e a sua interação com o mundo real por meio de processos construtivos de consenso entre as múltiplas intersubjetividades. A partir deste contexto, o analista de DEA toma emprestada a figura do pesquisador-ator, visto que tem o compromisso de uma



retroalimentação imediata dos resultados obtidos para implementação ou para que sejam propostas mudanças no modelo.

Por fim, ainda no tocante às limitações do método, a crítica mais contundente ao método está situada no seio do paradigma positivista e reside no fato do mesmo assumir uma relação de natureza determinística. Ou seja, a distância de uma DMU à fronteira somente é explicada pela ineficiência, não sendo admitido o erro aleatório. De acordo com o paradigma positivista, o modelo das relações de causalidade pode se dar de forma direta, determinística, permitindo a exata predição do futuro a partir do conhecimento presente, ou considerar a existência do acaso e da indeterminação, o que exige uma abordagem probabilística. Entretanto, Cooper e Ray (2008) refutam essa crítica do modelo determinista em DEA apontando o trabalho de Banker (1993) que demonstrou que a fronteira DEA satisfaz a propriedades estatísticas desejáveis, dado que é o estimador de máxima verossimilhança do modelo de Aigner e Zhu.

Em contraposição à construção determinística, existe a fronteira estocástica (SFA ou *Stochastic Frontier Analysis*), paramétrica, a qual introduz a noção de incerteza ao modelo visto que parte da ineficiência encontrada está relacionada ao erro aleatório ou erro de medida. No entanto, para a introdução desta “incerteza”, o pesquisador deve escolher *a priori* uma função de distribuição da ineficiência (Cobb-Douglas, para citar um exemplo) e terá apenas um *input*, ou apenas um *output*, tratado como a variável dependente do modelo. A diferença básica observada entre DEA e os demais métodos de mensuração de eficiência seria a de que DEA visa a otimização da *performance* de cada umas das unidades estudadas, porque baseia-se em dados concretos observados durante o ciclo de operação e valores reais para *inputs* e *outputs*. As abordagens paramétricas tradicionais, ao contrário, têm como objetivo a confecção de uma equação de regressão simples, moldada a partir dos dados, e que tem como pressuposto básico a aplicabilidade a todas as DMUs (AREAS, 2005).

Na discussão sobre qual a metodologia mais apropriada para medir a eficiência, alguns estudos foram desenvolvidos para comparar resultados encontrados por SFA (*Stochastic Frontier Analysis*) e DEA. Segundo Mortimer e Peacock, 2002, existe alta correlação entre os escores encontrados por ambos os métodos, visto que compartilham do mesmo construto e medem as mesmas dimensões (MORTIMER e PEACOCK, 2002). Nas comparações dos métodos a partir de unidades hospitalares, O’NEILL *et al.* (2007) observaram que a concordância entre DEA e SFA era maior para os hospitais europeus, e menor para os americanos, sem que isso fosse acompanhado de alguma explicação prática ou argumentação de causalidade.

No campo da saúde, em encontro realizado por especialistas convidados pela Organização Mundial de Saúde, em 2001, houve consenso sobre a importância do uso

de fronteiras de produtividade para medida de eficiência de sistemas de saúde. No mesmo encontro, maior ênfase foi dada ao uso de SFA, para que fossem considerados os erros de medida e a influência de fatores não mensurados.<sup>26</sup> Para o uso de DEA, foi aconselhado o uso de restrições aos pesos, para impedir que valores nulos fossem dados a indicadores de saúde de maior importância (OMS, 2001). Por outro lado, para análise de hospitais, e não de sistemas, DEA tem sido preconizada por oferecer mais ferramentas de apoio à decisão aos gestores das unidades visto que o modelo é rodado para cada unidade em separado (por partes) e é possível observar a contribuição de cada variável no escore final (O'NEILL *et al.*, 2007).

Outras limitações de DEA discutidas por O'NEILL *et al.* (2007), correspondem ao seu baixo poder discriminatório quando há poucas DMUs sob comparação e a maior sensibilidade de DEA à presença de *outliers*. Para a limitação de discriminação, os autores apresentam a regra geral ("*golden rule*", de acordo com BANKER *et al.*, 1989) de que o número de DMUs deve ser, pelo menos, 3 vezes superior ao valor do somatório de variáveis de *input* ou de *output*. Para lidar com a sensibilidade a valores extremos, os autores apontam as técnicas de análise de sensibilidade e de *bootstrapping* como possíveis abordagens (detalhadas em COOPER *et al.*, 2002).

Outra questão metodológica frequentemente considerada nos textos teóricos sobre DEA consiste no tratamento da influência dos fatores ambientais e não-discricionários sobre os escores de eficiência encontrados. Para lidar com isso, ou as variáveis não-discricionárias são tratadas como fixas, ou a avaliação da influência de variáveis ambientais é feita em um segundo estágio, mediante regressão dos escores de eficiência (COELLI *et al.*, 1998).

Algumas publicações questionaram a validade (interna e externa) dos modelos DEA devido à ausência de estabilidade das medidas (PARKIN e HOLLINGWORTH, 1997). Esses autores usaram modelo DEA para avaliação de eficiência de hospitais escoceses entre 1991 e 1994, enfocando três perguntas relacionadas à sua validade interna: 1) Validade de conteúdo: o escore da função objetivo em DEA representa o conceito de eficiência?; b) Validade de construto: o escore de eficiência em DEA se comporta como se esperaria para os conceitos que embasam aquele de eficiência?; c) Validade de critério: o escore em DEA é semelhante ou tem a capacidade de prever outras medidas de eficiência? Para responder a estas perguntas, os autores optaram por avaliar a correlação de resultados encontrados a partir de diferentes combinações de variáveis. Para considerar a validade externa, ou a capacidade de generalização

---

<sup>26</sup> Talvez de maior peso neste consenso tenha sido a influência do perfil e da *expertise* dos especialistas presentes no encontro.

dos achados, Parkin e Hollingworth fizeram comparações do resultado encontrado para as unidades ao longo do tempo.

O que os autores não consideraram, nessa crítica, foi o conceito do escore em DEA como o de **eficiência relativa** (grifo nosso), a partir da construção de uma fronteira de produtividade baseada nas melhores práticas. Dessa forma, o escore encontrado pode e deve sofrer alterações sempre que ocorrerem mudanças (de *inputs* ou de *outputs*) em qualquer uma das unidades comparadas. Isso se reflete, tanto na alteração das variáveis, como no acompanhamento do conjunto de unidades ao longo do tempo. Essa característica do método, inclusive, pode fornecer *insights* adicionais sobre em quais variáveis o hospital está melhor ou pior situado em relação aos demais e sobre qual o planejamento ideal para mudanças nas instituições, considerando as tendências da rede de unidades ao longo do tempo.

Tratando de responder às perguntas acima, sem necessidade de aplicativos matemáticos, teríamos: a) a geração da máxima quantidade de *outputs* dada uma quantidade fixa de *inputs*, e o mínimo uso de *inputs* para quantidades fixas de *outputs*, exprimem de forma exata o conceito de eficiência do ponto de vista econômico, epidemiológico e de pesquisa operacional; b) a construção de uma fronteira de produtividade baseada nas melhores práticas para exprimir uma função de produção em que quantidades variadas de *inputs* são transformadas em *outputs* é um conceito também amplamente aceito pela comunidade científica; c) como não se pode esperar a existência de um padrão-ouro exato e invariável para o funcionamento das organizações complexas, a melhor forma de avaliar a validade de critério estaria na consistência dos achados com a opinião de especialistas, que têm intimidade com o objeto de pesquisa (*peer review*), e que consideram a validade lógica (*face validity*) dos resultados de acordo com a posição de cada DMU em relação às demais e em relação aos seus *benchmarks* evidenciados pela técnica.

Na abordagem das críticas e limitações dos modelos DEA, deve ser colocado em pauta que esses problemas de validade, de poder de discriminação, de influência de variáveis ambientais, etc., não podem ser tratados unicamente por meio de soluções matemáticas independentes (comparação entre métodos, *golden rules*, ou regressões), sob o risco de representarem soluções parciais num universo de observação mais amplo. Embora estas sejam soluções práticas, devem ser olhadas em conjunto, sem que o pensamento sistêmico seja abandonado, aceitando-se que existem relações entre variáveis em diferentes dimensões e em níveis hierárquicos diversos, exigindo novas aproximações metodológicas para DEA.

Para fechar essa aproximação epistemológica de DEA no contexto da avaliação de eficiência de serviços de saúde, retornamos ao conceito de “ética além

da PO”. Trabalhamos com um método determinístico em sua origem, mas que o admite enquanto limitação. Um método que, ciente dessa dificuldade<sup>27</sup>, procura desenvolver caminhos de solução, como as fronteiras *fuzzy* (LEÓN *et al.*, 2003) e o tratamento estatístico das fronteiras (FRIED *et al.*, 2002). Um método que admite a incorporação da opinião dos atores envolvidos com o processo produtivo e que precisa do uso concomitante de outras metodologias para aumentar o seu espectro de aplicação, sua aceitabilidade e a sua validade. Note-se que muitas dessas metodologias complementares surgiram no bojo da PO *soft*, como as abordagens de problemas sociais complexos e dinâmicas para estabelecimento de pactos e consensos entre os atores. Exemplo de articulação entre PO clássica e PO *soft* foi apresentado por Best *et al.* (1986, *apud* Rosenhead, 2001) para o planejamento da rede de serviços de saúde no Canadá que contemplou: a) estruturação do problema: identificação das pressões e demandas institucionais para mudanças no sistema de saúde (com base na avaliação de mandados judiciais); b) consenso: painel de especialistas, estabelecendo as mudanças prioritárias por metodologia *Delphi*; e então a c) modelagem matemática: escolha das opções mais robustas, ou de maior impacto. Vale ressaltar que a complementaridade dos métodos foi fundamental para o sucesso do programa de saúde.

### 3) “REVISITANDO” a literatura: DEA na área da saúde.

“Surpreender-se, admirar-se, é começar a entender”  
(José O. Gasset - Filósofo espanhol).

As aplicações de DEA na área da saúde têm como marcos de referência teórica o capítulo de Chilingirian & Sherman (2004): *Health Care Applications: From Hospitals to Physicians, From Productive Efficiency to Quality Frontiers*, no livro texto de Cooper *et al.* (2004), *Handbook on Data Envelopment Analysis*, e o livro de Yasar Ozcan (2008): *Health Care Benchmarking and Performance Evaluation*. O primeiro faz uma ampla revisão dos conceitos e metodologias apropriados para aplicação de DEA em saúde e dirige-se predominantemente ao público de profissionais de pesquisa operacional, não necessariamente habituados às práticas de saúde. O segundo, de linguagem mais simples, e com uma gama de exemplos ilustrativos, dirige-se aos administradores e profissionais da área da saúde para que os resultados sejam efetivamente aplicados. Sherman e Zhu (2006) também publicaram um livro para analistas com a proposta de intensificar as possibilidades de aplicações de DEA nos

---

<sup>27</sup> Por estilo literário, aceitamos a figura de linguagem visto que não é o método um sujeito ciente, mas a comunidade científica que o desenvolve.

diversos setores da economia, inclusive o da saúde: *Service Productivity Management*. Esta dupla perspectiva – do analista de PO e do gestor da saúde - é interessante para mostrar uma lacuna a ser preenchida na interação interdisciplinar, a qual pode ser evidenciada tanto nas diferenças de prioridades entre as partes, quanto no seu potencial para uma construção conjunta da metodologia.

Nesse contexto, alguns postulados já são considerados como de consenso entre pesquisadores, profissionais e decisores das políticas de saúde. Entre eles, o de que existe uma pressão crescente para que os serviços de saúde tenham seus desempenhos aferidos, devido ao alto custo do setor econômico da saúde. Também o de que a pesquisa operacional é útil para o desenvolvimento de metodologias que estudem formas equitativas de alocação de recursos e de avaliação de eficiência dos provedores em saúde (SMITH, 1985).

Segundo Porter e Teisberg (2004), a saúde compreende o único setor em que a regulação de mercado não implica necessariamente em aumento da eficiência. Isso ocorre porque o nível de competição acontece entre empresas seguradoras, portanto, distante dos prestadores e da atividade-fim do sistema, qual seja, do atendimento ao paciente. Essa limitação dos mercados do setor de saúde para gerar eficiência e equidade torna necessário o desenvolvimento de novas tecnologias e ferramentas metodológicas para orientar a tomada de decisão sobre a alocação de recursos nas políticas públicas de saúde.

Colocados esses consensos em pauta, a Análise Envoltória de Dados tem recebido a simpatia dos setores de saúde não acadêmicos<sup>28</sup>, principalmente por: a) ser um método não-paramétrico, não exigindo a escolha prévia e o entendimento das distribuições de probabilidade; b) estender a análise dos indicadores de saúde para além das razões simples, ao aceitar vários *inputs* e *outputs*, simultaneamente; c) basear-se nas melhores práticas, ou modelos a serem alcançados pela implementação das políticas de saúde; d) mostrar os *benchmarks* e os caminhos necessários para atingi-los. Note-se que, ainda assim, é necessário um conhecimento inicial dos modelos matemáticos para que o decisor de saúde compreenda o método. Exemplo disso está na demora de publicação do primeiro trabalho que usou DEA para avaliação em saúde, no caso, um estudo do desempenho de hospitais norte-americanos, a partir da tese de doutoramento de David Sherman, defendida em 1981,

---

<sup>28</sup> Exemplo de aplicação está na Secretaria Estadual de Saúde de São Paulo, que publicou material correlato em seu relatório de gestão anual (O Uso da Análise Envoltória de Dados para Avaliação de Hospitais de Ensino do Estado de São Paulo; LOBO, MSC e BORGES NETO, BA, 2007).

e somente publicada em 1984.<sup>29</sup> A primeira publicação de DEA em saúde data de 1983, de Nunamaker, que avaliou o desempenho de casas de enfermagem (asilos).

Outras dificuldades de aplicação de DEA podem ser atribuídas à complexidade intrínseca dos sistemas de saúde que, portanto, exigem modelagens e conhecimentos da realidade mais aprofundados, além de constante interação entre analistas de PO e especialistas da área da saúde.

A atenção à saúde é multidimensional e constitui-se em um problema social complexo, dado que existe um conjunto de atividades inter-relacionadas e desenvolvidas no interior de uma unidade de saúde a ser avaliada (caso das unidades que realizam ensino e pesquisa, além da assistência). Ainda no interior da estrutura de saúde, os atores responsáveis pelas decisões acerca do consumo de recursos também variam, por setor, e principalmente de acordo com o tipo de decisão (se administrativa, tomada pelo gestor, ou clínica, tomada pelo médico, por exemplo). Também o impacto das decisões nem sempre pode ser considerado de fácil mensuração, visto que a vocação de muitas unidades de saúde não é a de gerar lucro, mas sim um bem social. Acrescente-se que os serviços e unidades de saúde estão sujeitos a uma dinâmica de mudanças e incorporações tecnológicas muito rápidas, o que tem gerado aumento considerável dos custos da produção e o valor despendido não guarda de correlação qualidade de atendimento ou com o impacto na saúde da população.

Pacientes e/ou cidadãos podem ser vistos como *inputs* e como *outputs* que interagem com os sistemas e serviços de saúde durante todo o processo de produção em saúde. Nesse caso, produção e consumo ocorrem simultaneamente e a existência de “estoque” (altas médias de permanência hospitalar, por exemplo) pode ser considerada um indicador de baixa eficiência. Além disso, é difícil garantir a necessária homogeneidade das unidades modeladas, que sofrem não somente a influência de variáveis ambientais, não discricionárias, mas também diferem na gravidade dos seus pacientes atendidos, a qual também afetará os resultados encontrados.

A completar a apreensão do tamanho do desafio da aplicação de DEA na área da saúde, vale citar a definição oficial de saúde, tão abrangente quanto rica em abstração, criada pela Organização Mundial de Saúde em 1948 e aceita até os dias atuais: “Saúde é o estado de completo bem-estar físico, psíquico e social”.

Nesta revisitação da literatura, procuraremos, num primeiro momento, discutir as abordagens metodológicas existentes para abarcar algumas das questões e

---

<sup>29</sup> Segundo Ozcan, informação verbal, a demora se deveu à dificuldade de compreensão da proposta.

desafios acima citados. Posteriormente, traremos à tona as principais revisões de publicações já realizadas, assim como as suas possíveis implicações nas práticas e políticas de saúde pública, internacionais e nacionais.

### **3.1) A teoria da aplicação: questões metodológicas a serem consideradas à aplicação.**

“Não basta conquistar a sabedoria, é preciso usá-la”  
(Cícero).

A sistematização de Chilingirian & Sherman (2004) discute e percorre alguns passos considerados fundamentais para a aplicação de DEA no âmbito da saúde, a seguir resumidos. Como primeira etapa a ser cumprida, procede-se a identificação do problema e o discernimento do objetivo da pesquisa. Num segundo momento, desenha-se um modelo conceitual do processo de produção tendo como base o conhecimento dos processos e as nuances da atenção médica. Para a construção do modelo, é considerada de grande importância a opinião do especialista, assim como a busca do estado de arte na literatura científica em DEA. Uma vez escolhido o modelo, não menos importante é o desenvolvimento de um mapa conceitual dos fatores que influenciam a produção (variáveis intrínsecas ao modelo, assim como as não discricionárias), mesmo que se saiba *a priori* que parte da escolha das variáveis é condicionada pela disponibilidade dos dados. De posse dos dados, faz-se útil o estudo estatístico da correlação entre as variáveis e diversas rodadas de modelos alternativos podem ser executadas para avaliação da estabilidade dos resultados (análise de sensibilidade). Os resultados dos escores de eficiência também são analisados por procedimentos estatísticos e, finalmente, os resultados devem ser compartilhados com especialistas e publicados.

Sabendo-se que um modelo é sempre uma simplificação da realidade, e que é impossível abarcar toda a complexidade da saúde num único modelo, a identificação do problema consiste em um recorte da realidade, com uma ou poucas dimensões consideradas, mas que tem a capacidade de definir um caminho ou uma forma de responder, afirmativa ou negativamente, a uma hipótese a ser testada. Algumas tentativas de considerar simultaneamente múltiplas dimensões usaram modelos hierárquicos para avaliação de hospitais de ensino (LINS *et al.*, 2007) ou modelos para determinação conjunta de diferentes atividades no sistema nacional de saúde inglês (TSAI e MOLINERO, 2002). Avaliação simultânea de produtividade e satisfação do usuário também foi realizada por Löthgren e Tambour (1996), usando *Network DEA* no estudo do atendimento das farmácias na Suécia.

As unidades tomadoras de decisão podem ser hospitais gerais (os mais estudados), seus departamentos ou serviços, centros acadêmicos, postos e centros de saúde, asilos de enfermagem, equipes, médicos ou redes de serviços agregadas por distritos ou municípios. Para a escolha das DMUs, o maior desafio para modelagem está na garantia da homogeneidade das unidades a serem comparadas. No caso de hospitais, por exemplo, algum ajuste por *case mix* é considerado essencial para que o estudo seja considerado válido e aplicável (ROSKO e CHILINGERIAN, 1999). Na literatura, várias formas de ajuste por gravidade dos pacientes são admitidas, desde o ajuste por faixa etária, até o uso de DRGs (*Diagnosis Related Groups*), e o resultado de eficiência depende da metodologia adotada. Para garantir a comparação justa entre os pares, é de grande valia o conhecimento da vocação assistencial (se hospital geral ou de especialidade), do seu nível de complexidade e dos mecanismos de custeio e financiamento das unidades.

Cuidado também deve ser tomado durante a escolha das variáveis. Embora esse processo seja frequentemente baseado na literatura, na disponibilidade dos dados e, em menor escala, na opinião do especialista, esta etapa é considerada estratégica quando se pretende usar o método para auxiliar a implementação de políticas públicas. Algumas propostas de metodologias matemáticas para a seleção de variáveis dentro de um universo extenso de possibilidades foram desenvolvidas por Norman e Stoker (1991), como I-O *stepwise*, e por Senra *et al.* (2007), como o método multicritério combinatório por cenários. Independentemente do método utilizado para escolha das variáveis, todas elas – de *inputs*, de *outputs*, e as não discricionárias – devem ser justificadas, e tratadas de acordo com a perspectiva dos diferentes observadores ou *stakeholders*.

A incorporação das variáveis ao modelo de produção deve considerar ainda o momento da decisão, ou seja, se a mesma é controlada pelas instâncias administrativas (que usam recursos humanos, capital e outras despesas para gerar *outputs* intermediários) ou tomada pelos médicos (que então usam esses produtos intermediários, como quantidades de tratamentos, procedimentos diagnósticos, outros cenários de práticas, para gerar uma quantidade de indivíduos saudáveis, ou não, residentes formados, publicações científicas, etc.).

Como a DMU hospital é a mais estudada, existem análises que mostram uma relativa estabilidade dos escores de eficiência quando se utilizam diferentes combinações de *inputs* e de *outputs*. O estudo de Ozcan (1993) mostrou que capital hospitalar guardava alta correlação com: leitos + *mix* de serviços (*proxy* de diversidade dos serviços ofertados). Nesta situação, um modelo padrão foi desenhado pelo autor para comparação entre os hospitais, no qual os *inputs* são: leitos, *mix* de serviços,



recursos humanos (médicos e não médicos) e outras despesas operacionais de custeio, exceto pessoal; e os *outputs*: produção (admissões ou altas, cirurgias, consultas ambulatoriais), ajustada pela gravidade dos pacientes atendidos.

Quando as DMUs são os médicos, ou outros profissionais de saúde, que realizam determinados procedimentos, os recursos são os dias de permanência, as consultas, exames solicitados (ou o conjunto de recursos consumidos no atendimento) e os *outputs* são os pacientes atendidos, por grau de complexidade, idade, sexo, ou outras formas de ajuste. Vale repetir que a consideração de ajuste para *case mix* e diferença de complexidade de serviços pode definir se vale à pena, ou não, continuar a leitura do artigo científico. Ou seja, a ausência deste ajuste desfaz a credibilidade nos resultados por parte dos gestores (SHERMAN e ZHU, 2006).

Além da consulta e opinião do especialista sobre a validade lógica para inclusão das variáveis, é importante considerar que algumas variáveis podem ser consideradas tanto *inputs* quanto *outputs* (caso dos médicos residentes, importantes recursos para a assistência hospitalar, mas também um dos principais produtos do ensino desenvolvidos nestas unidades). Para lidar com a escolha dessas variáveis, chamadas flexíveis, também foram desenvolvidos modelos matemáticos (COOK e ZHU, 2007), mas o importante é saber como a posição da variável pode impactar no resultado do modelo. Outra questão que nos deparamos constantemente é a existência de desfechos adversos, ou seja, *outputs* em que o resultado desejável é justamente um valor baixo (caso da mortalidade, principal indicador de saúde, usado mundialmente). Para lidar com essa questão, alguns autores advogam o uso desses produtos na categoria de *input* ou criam novas variáveis com o valor inverso do efeito adverso, ou com o seu complemento (COELLI *et al.*, 1998).

Finalmente, em termos de tendências de desenvolvimento do método, a maior delas consiste na necessidade de introdução de variáveis que expressem a qualidade do atendimento e não somente os números de procedimentos ofertados na atenção de saúde (NAYAR e OZCAN, 2008).

### **3.2) A prática da aplicação: revisões; publicações internacionais e nacionais.**

“Escuto e esqueço; vejo e recordo; faço e entendo”  
(Tao Te King).

#### **A) Perspectiva do analista de PO.**

As revisões sistemáticas sobre aplicações de DEA na área de saúde podem abarcar diferentes perspectivas. Sob a ótica do analista de PO, maior ênfase tem sido dada à distribuição quantitativa das publicações; quais os modelos mais utilizados, as

DMUs mais estudadas, as combinações de variáveis consideradas e, finalmente, o valor médio e as medidas de dispersão encontradas para diferentes categorias de DMUs.

No estudo clássico de Hollingsworth (2003), por exemplo, foram avaliados 188 artigos e/ou capítulos de livros sobre fronteiras de eficiência, publicados até 2002. Metade deles utilizou DEA como principal método (12% usaram fronteiras estocásticas), 25% associaram DEA com regressão *Tobit*, 9% usaram avaliação em painel ou Malmquist. A DMU mais frequente foi o hospital (50%), seguido pelas casas de enfermagem/ asilos. Para os hospitais, o autor apresentou a média, a mediana e o desvio padrão dos escores encontrados de acordo com diferentes categorias de instituições hospitalares (natureza jurídica, localização geográfica, envolvimento com ensino, etc.).

No entanto, para o estabelecimento dos valores médios e de medidas de dispersão dos escores de eficiência encontrados, foram agregados estudos que utilizaram diferentes combinações de *inputs* e de *outputs*, e formas distintas de abordagem de *case mix*, além do fato da média ter sido calculada sobre distribuições muito assimétricas, o que prejudica o conceito de medida de tendência central. Ainda assim, foi digna de nota a preponderância dos hospitais públicos e dos europeus como os mais eficientes na amostra do autor.

Em revisão mais recente, O'Neill *et al.* (2007) procuraram desenvolver uma taxonomia única para os estudos com hospitais que utilizam DEA para que essas comparações ganhem maior robustez no futuro. Segundo os autores, que estudaram 79 publicações referentes à eficiência hospitalar, entre 1984 e 2004, ainda predominam os modelos clássicos, CRS (50%) e VRS (50%). Algumas vezes, CRS e VRS são analisados conjuntamente para estudo da eficiência e dos possíveis ganhos de escala, sendo ainda escassa na literatura da saúde a introdução da restrição aos pesos (CHILLINGERIAN & SHERMAN, 1997). Na mesma revisão, a maioria dos estudos foi orientada a *input*, dado que administradores de saúde têm maior governabilidade sobre os recursos do que sobre os resultados.

Finalmente, vale acrescentar que ambas as revisões se baseiam em periódicos tradicionalmente lidos por profissionais de economia e de pesquisa operacional, e não necessariamente por profissionais de saúde (tais como: *European Journal of Operations Research*, *Health Economics*, *Journal of Productivity Analysis*).

No tocante aos artigos científicos que consideram como DMUs os hospitais de ensino, vale assinalar os estudos de Grosskopf *et al.* (2001a, 2001b, 2004). Para os autores, os hospitais de ensino são definidos como aqueles que possuem treinamento em serviço de residentes, podendo pertencer ao Conselho de Hospitais de Ensino (o

qual exige acreditação, inclusive para a capacidade de ensino), ou ser diretamente relacionados a uma escola médica (sendo, geralmente, de assistência terciária). No primeiro estudo, os autores montaram uma fronteira de eficiência para os hospitais de ensino (n=236) e outra para os demais (n=556), considerando unidades dos Estados Unidos, em 1994. A fronteira destes últimos foi considerada mais eficiente e somente 10% dos hospitais de ensino foram considerados competitivos para a fronteira mais eficiente. O segundo estudo considerou apenas os hospitais de ensino e demonstrou – ao avaliar a congestão<sup>30</sup> - que 20% da ineficiência observada estava relacionada ao número excessivo de residentes, sem aumento proporcional da produção. Em ambos os estudos, a eficiência foi avaliada somente na dimensão de assistência, não havendo inclusão de qualquer variável de ensino e/ou de pesquisa (exceto residentes). Em 2004, os autores avaliaram a influência da competitividade de mercado (medida pelo número de convênios dos hospitais de ensino) na eficiência hospitalar, a qual demonstrou uma correlação positiva, sem prejuízo da qualidade de ensino.

## **B) Perspectiva do gestor de saúde.**

Sob uma perspectiva distinta, do gestor e/ou do profissional de saúde, tema de maior interesse numa revisão seria a consolidação do estado de arte do conhecimento adquirido com as aplicações de DEA na saúde. O gestor precisa conhecer quais as situações em que o emprego da metodologia pode agregar informações relevantes para a sua administração; ou seja, quais as hipóteses que estão sendo testadas e os resultados encontrados no estudo. Sob esta ótica, a da concretização do conhecimento na prática, esta depende da disseminação das publicações para as fontes e bancos de periódicos que são usualmente consultados pelo agente da decisão em saúde. Tal disseminação interdisciplinar pode ser entendida como a efetividade da aplicação. De modo a simular esta demanda, empreendemos uma consulta ao MEDLINE/ PUBMED<sup>31</sup>, principal banco de periódicos usado pelos atores da saúde, com a palavra-chave: *Data Envelopment Analysis*, até 31 de agosto de 2008. Excluídos os artigos de natureza mais teórica (três), encontramos os resultados descritos a seguir.

Desde a primeira publicação de 1983 (NUNAMAKER), já foram indexados ao MEDLINE 141 artigos que usam DEA na saúde, sendo nitidamente maior a produção científica após ano de 2000 (70% dos mesmos; Figura 3). Paralelamente a este incremento no tempo, pode-se observar uma disseminação também geográfica. Se,

---

<sup>30</sup> Sob a hipótese de que o excesso de residentes como *input* poderia gerar redução da produção de *outputs* a partir de um determinado limiar.

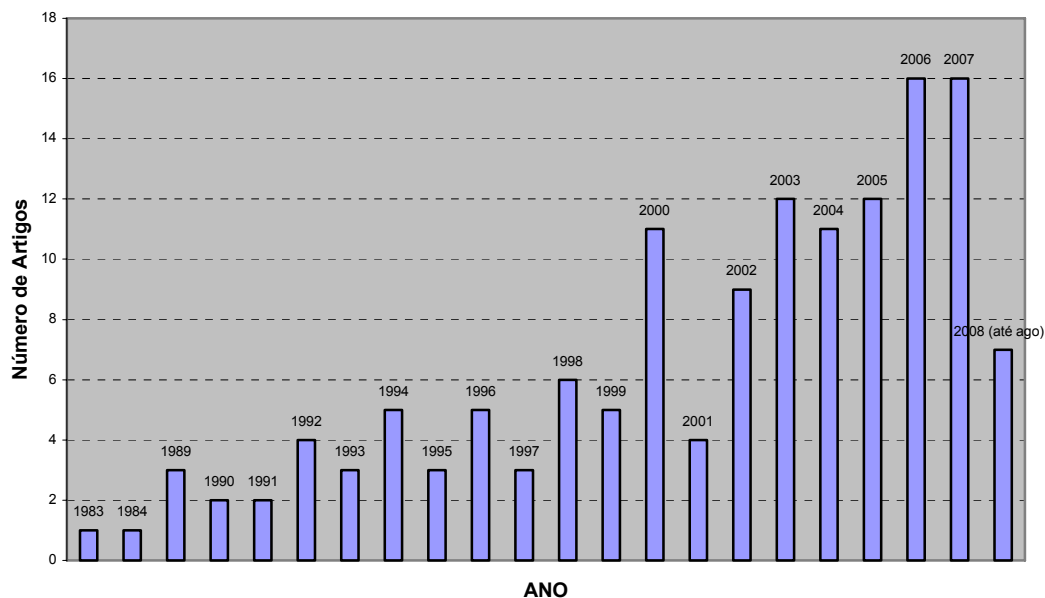
<sup>31</sup> Pubmed é uma ferramenta de procura da Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos da América, que dá acesso ao principal banco de dados de pesquisa biomédica, o Medline (artigos originais e resumos).

entre esses 141 artigos, 60 são de procedência da América do Norte (43%) e 54 da Europa (38%), destacando-se nesta última a presença dos países escandinavos (12) e da Grécia (09), a primeira publicação asiática data de 1997 (entre 15) e o primeiro artigo africano data de 2000 (entre 08). Na África, pode ser observado um esforço da Organização Mundial de Saúde para implementação da metodologia neste século, através de seu escritório regional no continente. Todos os artigos da América Central (01, de Cuba) e América do Sul (03, do Brasil) foram publicados em 2007.

Vale destacar o volume das publicações encontradas nos seguintes periódicos, dentre um total de 57 revistas que divulgaram aplicações de DEA na saúde (Quadro 6): *Journal of Medical Systems, Health Care Management Science, Health Policy, Health Service Management Research, Medical Care, European Journal of Health Economics, Health Service Research, Health Economics*.

Neste conjunto de artigos, os hospitais permanecem como as unidades ou áreas de atuação mais estudadas (69 ou 49%), seguidas por unidades de cuidados primários (18 ou 13%), centros de saúde mental (09 ou 6,4%), médicos (08 ou 5,7%), asilos ou casas de enfermagem (07 ou 5%), provedores de saúde oral (05 ou 3,5%), centros de diálise (05 ou 3,5%), organizações de saúde (05 ou 3,5%), sistemas de saúde de países distintos (04 ou 2,8%), casas de saúde do idoso (03 ou 2,1%), unidades de hemoterapia (02 ou 1,4%). Outras temáticas abordadas, cada uma com 01 artigo, são: logística de serviços de saúde (cadeias de suprimento), saúde da criança (UTI neonatal), saúde suplementar (operadoras de saúde), transplante (unidades de busca ativa de órgãos), atenção domiciliar (modalidade assistencial para pacientes cirúrgicos), fisioterapia.

Conforme já assinalado pelas revisões anteriormente citadas, também predominam neste conjunto de artigos os modelos clássicos, havendo pouco espaço para inovações metodológicas. Nesse conjunto de 141 publicações, por exemplo, 25 estudos usaram regressão (09 *Tobit* e 03 *Logit*, entre outras); 09 usaram Índice de Malmquist para acompanhamento longitudinal das eficiências (PILYAVSKY e STAAT, 2006) e apenas 03 utilizaram restrição aos pesos a partir da opinião de especialistas (LINS *et al.*, 2007). Por outro lado, o que faz sentido para aceitação por revista de saúde pública, todos os artigos que lidam com unidades hospitalares ajustaram de alguma forma os *outputs* por *case mix* e/ou discutiram e compararam resultados de acordo com a utilização de diferentes formas de ajuste (VITIKAINEN *et al.*, 2008; MAGNUSSEN e NYLAND, 2008).



**Figura 3: Publicações de aplicações de DEA na Saúde (Fonte: MEDLINE).**

**Quadro 6: Periódicos mais Frequentes (MEDLINE).**

Journal of Medical Systems	22
Health Care Management Science	13
Health Policy	11
Health Service Management Research	7
Medical Care	7
European Journal Health Economics	6
Health Service Research	6
Health Economics	5
Cost Effectiveness Resource Allocation	3
Health Care Management Review	3
Journal of Mental Health Policy and Economics	3
BMC Health Services Research	2
Community Dental & Oral Epidemiology	2
Hospital Health Service Administration	2
Internal Journal of Health Care Quality Assurance	2
Internal Journal of Assessment in Health Care	2
Journal of Health Service Research Policy	2
Journal of Medical Practice Management	2
Military Medicine	2
Social Sciences and Medicine	2
Outras	37

No tocante ao escopo da aplicação, vale destacar as cinco principais categorias encontradas, a saber:

a) Uso prático de apoio à decisão (total=75). Nesta categoria, predominam estudos descritivos da comparação de unidades similares, enfatizando os parâmetros que devem ser reduzidos (*inputs*) ou aumentados (*outputs*) para auxiliar a tomada de

decisão, ou sinalizando a possibilidade de *trade-offs* entre variáveis do estudo (KOOREMAN, 1994). Algumas vezes, os estudos chamam atenção para metodologias que, uma vez aplicadas, ajudam a otimizar serviços de saúde. É o caso das publicações de O'NEILL e DEXTER (2007 e 2004; e DEXTER e O'NEILL, 2004), que orientam uma forma de otimizar a distribuição das especialidades em centro cirúrgico hospitalar, considerando a perspectiva de rede de serviços local e de demanda cirúrgica.

b) Estudos de apoio à organização e gestão de redes assistenciais (total=37). Esta é a categoria mais rica para apoio às políticas públicas de saúde. Os estudos enfatizam: otimização de redes para a prestação de determinados serviços (por exemplo, rede de vacinação, em DERVAUX *et al.*, 2003; rede de triagem para diagnóstico precoce de câncer de cólon, em DERVAUX *et al.*, 1992); avaliação do resultado da implementação de novas modalidades de assistência (como internação domiciliar, em MAZO *et al.*, 2007) e formas de organização de serviços (como estudo do impacto da descentralização em ALETRAS *et al.*, 2007; e em PINILLOS e ANTOÑANZAS, 2002). Também compreendem a análise de impacto da implementação de políticas de saúde, como a reforma de financiamento hospitalar (SOMMERSGUTER-REICHMANN, 2000, para hospitais austríacos), a introdução de incentivos financeiros baseados em eficiência (por exemplo, ao profissional de saúde; em CHU *et al.*, 2002 e 2003), ou o estabelecimento de novas estratégias de regulação (como a implementação do contrato de metas, BIØRN, 2003). Vale notar uma concentração de estudos que trataram do impacto da implementação do sistema de *Managed Care* (baseado nas HMOs/ *Health Maintenance Organizations*) nos Estados Unidos da América, predominando no início deste século. Nesta categoria, também são comparados modelos e sistemas de saúde entre países (BHAT, 2005; RETZLAFF-ROBERTS *et al.*, 2004).

c) Estudos de associação (total=25). Este tipo de análise procura definir as variáveis (discricionárias ou não) que afetam positiva ou negativamente o escore de eficiência encontrado. Geralmente, baseia-se em métodos de comparação de médias de eficiência de acordo com categorias diversas da variável sob análise ou em regressão, na qual o escore de eficiência é a variável dependente do modelo e são avaliados fatores independentes que possam influenciar o desempenho, como características dos pacientes, estilo dos médicos, microprocessos de trabalho, práticas gerenciais, fatores ambientais (SCHREYÖGG e VON REITZENSTEIN, 2008, p. ex., observaram associação entre eficiência e desenvolvimento de pesquisa intra-hospitalar; KONTODIMOPOULOS *et al.*, 2007, usaram regressão *tobit* para avaliar influência de porte e localização na eficiência de centros de saúde na Grécia; LUOMA *et al.*, 1996, mostraram que o maior número de médicos, a proximidade dos centros urbanos, e o

menor número de funcionários administrativos e de pacientes idosos, estavam associados à maior eficiência de centros de saúde na Finlândia). Vale observar que, para algumas variáveis, não há consistência nos achados entre os estudos. Esse é o caso da qualidade, que mostrou correlação positiva com eficiência hospitalar no estudo de Nayar e Ozcan (2008), o mesmo não ocorrendo com o estudo de Hollingworth *et al.* (1999) e no estudo de associação entre qualidade e cuidados de enfermagem na Finlândia (LAINE J *et al.*, 2005). Os resultados também se mostram contraditórios para a associação entre eficiência e a natureza da unidade hospitalar (público *versus* privado), ou entre eficiência e proporção de atendimentos pagos pelo governo americano (*Medicare e Medicaid*). Estas observações mostram mais uma vez a importância de se analisar as hipóteses e o desenho de estudo em detalhe, juntamente com as variáveis empregadas, definindo um estudo de caso, antes de se chegar a alguma conclusão sobre a aplicação de DEA.

d) Estudos para uso clínico (total=3). Embora raros, existem aplicações úteis e promissoras. Friesner *et al.* (2005), avaliaram a resposta ao tratamento em pacientes após artroplastia de joelho, combinando diversos indicadores de melhora funcional como *outputs*. Natanhson *et al.* (2003), utilizaram uma série de variáveis clínicas de *input* para estabelecer um modelo prognóstico em pacientes que sofreram neurotrauma. Zhang *et al.* (2002) usaram DEA para montar um algoritmo de otimização na escolha dos sítios para embolização de aneurismas<sup>32</sup>.

e) No único estudo de logística, Dacosta-Claro e Lapierre (2003) estabeleceram *benchmarks* para otimizar a eficiência de cadeias de suprimentos em diversos serviços de saúde do Canadá.

No tocante ao conhecimento gerado pelos estudos que tratam da organização da gestão de redes de serviços, e que consideram os hospitais como DMU, destacam-se os que avaliam o impacto de modelos de gestão e de financiamento na eficiência, sendo suas conclusões resumidas a seguir:

- FUSÃO HOSPITALAR: houve aumento da eficiência pela fusão de unidades hospitalares na Noruega somente para unidades de grande porte, em que o complexo hospitalar adotou uma gerência caracterizada por centralização administrativa (KJEKSHUS e HAGEN, 2007).
- FECHAMENTO HOSPITALAR: o critério de eficiência não se mostrou correlacionado ou capaz de prever o fechamento de hospitais nos EUA (LYNCH e OZCAN, 1994).

---

<sup>32</sup> Tivemos apenas acesso ao resumo do artigo já que foi publicado em chinês, no periódico de nome *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*.

- DESCENTRALIZAÇÃO DO SISTEMA: a descentralização da rede de serviços na Grécia não resultou em nítida melhora de eficiência hospitalar do sistema de saúde (ALETRAS *et al.*, 2007).
- REGULAÇÃO: a introdução do contrato de metas como mecanismo de financiamento aliado à regulação aumentou a eficiência do sistema na Noruega, observado em série histórica de 1992-2000 (BIØRN *et al.*, 2003).
- CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS: na utilização de DEA para orientar a “compra” de serviços ou para traçar estratégias de regulação da rede hospitalar, é importante avaliar diferentes métodos e cenários e realizar análise de sensibilidade (SICILIANI, 2006).
- INFLUÊNCIA DE DEMANDA: a crise econômica tailandesa em 1999 aumentou a demanda dos hospitais públicos pelas classes até então mais abastadas (que ficaram desprotegidas dos seguros privados), sendo absorvido esse aumento até o limite das respectivas plantas físicas (VALDMANIS *et al.*, 2004).
- MODELOS DE GESTÃO:
  - a) O modelo de gestão hospitalar europeu – baseado em práticas gerenciais voltadas para o mercado - é mais eficiente do que o russo – normativo, de Estado, quando comparada a coexistência de ambos os modelos na Ucrânia (PILYAVSKY *et al.*, 2006).
  - b) A diversificação da oferta dos serviços hospitalares (de *outputs* ofertados) pôde significar um incremento de 29% a 46% na eficiência do sistema de saúde espanhol, na Catalunha (PRIOR e SOLÀ, 2000).
  - c) A implementação de centros de responsabilidade e de programas de qualidade total, além do incentivo, também aumentou a eficiência do sistema hospitalar em Formosa (CHU *et al.*, 2002).
  - c) Estudo de custo-efetividade de hospitais americanos mostrou um *trade-off* entre qualidade e eficiência, ou seja, aumento de 1% em qualidade - medida por queda da mortalidade ajustada - gerou 1,34% de aumento no custo (MOREY *et al.*, 1992).



- MODELO HMO/ INCENTIVOS FINANCEIROS:
  - a) Em Formosa, a introdução do programa de incentivos ao pagamento de médicos de planos e operadoras de saúde (*Managed Care*) aumentou a eficiência do sistema, principalmente para profissionais mais experientes, com maior tempo de dedicação aos seus respectivos departamentos (CHU *et al.*, 2003).
  - b) No Estado da Califórnia, EUA, o sistema de *Managed Care* implicou em redução significativa do pessoal de enfermagem, com repercussão negativa na eficiência, principalmente em hospitais de grande porte, situados nos centros urbanos mais populosos (MOBLEY e MAGNUSSEN, 2002).
- FINANCIAMENTO:
  - a) A reforma do sistema hospitalar austríaco, implantada em 1997, e acompanhada ao longo dos anos pelo Índice de Malmquist, mostrou melhora na fronteira tecnológica, não acompanhada de aumento na eficiência técnica (SOMMERSGUTER-REICHMANN, 2000).
  - b) A redução do volume de financiamento hospitalar gerou repercussão negativa na eficiência hospitalar nos EUA (FERRIER *et al.*, 2006).
  - c) A introdução do pagamento prospectivo para a produção hospitalar não gerou aumento da eficiência no sistema de saúde da Virgínia, EUA (CHERN e WAN, 2000).
  - d) Introdução de pagamento prospectivo no sistema *Medicare* nos EUA não alterou número de readmissões hospitalares ajustadas por *case mix* e complexidade dos casos (DESHARNAIS *et al.*, 1991).
- INCENTIVOS FINANCEIROS: esquema de pagamento de incentivos para os hospitais mais eficientes aumentou, na Alemanha, a eficiência do sistema, com baixo custo de regulação (FELDER e SCHMITT, 2004).

Finalmente, vale ressaltar que os estudos brasileiros veiculados no MEDLINE estavam relacionados a projetos de pesquisa desenvolvidos no Programa de Engenharia de Produção (COPPE/UFRJ), e trouxeram algumas inovações

metodológicas, como a criação de equipes multidisciplinares para o estabelecimento de restrições aos pesos e de modelos hierárquicos para diferentes dimensões das atividades desenvolvidas em ambiente hospitalar de ensino (LINS *et al.*, 2007) e métodos de correlação canônica para definição da restrição de pesos impostos às variáveis na comparação da eficiência hospitalar entre municípios brasileiros (GONÇALVES *et al.*, 2007). O terceiro estudo trouxe uma discussão sobre a complementaridade dos sistemas público e suplementar de atenção em saúde no Brasil (FERNANDES *et al.*, 2007).

#### **4) METODOLOGIAS aplicadas à Política de Hospitais de Ensino (HEs).**

##### **4.1) Apresentação da Política de Reestruturação de Hospitais de Ensino.**

“Nos momentos de crise, só a inspiração é mais importante que o conhecimento”  
(Albert Einstein).

Os hospitais universitários e de ensino (HUEs) no Brasil têm importante papel no volume de atendimentos realizado pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e respondem por: a) 10,3 % dos leitos do SUS; b) 11,8 % das AIHs (Autorizações de Internação Hospitalar); c) 11,6 % da produção ambulatorial; d) 25,6 % dos leitos de UTI; e) 37,6 % dos procedimentos de alta complexidade ofertados pelo SUS<sup>33</sup>. Porém, desde a década de 1990, foi colocada em pauta a crise dos hospitais no Brasil e, em particular, a dos hospitais de ensino, que perpassa elementos de financiamento e de gestão, com importante repercussão no desenvolvimento das atividades assistenciais, de ensino e de pesquisa.

No tocante ao financiamento, o modelo de pagamento dos HUEs nesta década era o prospectivo, baseado no valor de tabela dos procedimentos a serem realizados mensalmente, calculados por série histórica, acrescido de um percentual de incentivo, o Fator de Desenvolvimento de Ensino e Pesquisa em Saúde (FIDEPS<sup>34</sup>).

Apesar deste acréscimo, com o aumento progressivo dos custos hospitalares e, em especial, dos hospitais de ensino (para um mesmo procedimento, o custo de um hospital universitário pode ser até 12% mais elevado que o dos hospitais não-universitários de alta tecnologia; MÉDICI, 2001), tal incentivo foi paulatinamente transferido para custeio da assistência hospitalar, com prejuízo das demais atividades desenvolvidas nestes hospitais. Além disso, no caso dos hospitais públicos, a

---

<sup>33</sup> DATASUS , Ministério da Saúde, BRASIL – Informações em Saúde - Assistência à Saúde – Procedimentos Hospitalares, 2003 (em [www.datasus.gov.br](http://www.datasus.gov.br))

<sup>34</sup> Criado na Portaria SNES/MS nº 15, de 08/01/91. O percentual de incentivo poderia ser de até 75% de acordo com o cumprimento de pré-requisitos de assistência, ensino e pesquisa.

ausência de concursos para recomposição do quadro de pessoal gerou novos vínculos empregatícios, e o custeio do funcionalismo - até então a cargo das instituições mantenedoras, como Ministérios e Universidades - passou a fazer parte da folha de despesas dos hospitais. Este último aspecto gerou o aumento substancial do endividamento dos hospitais de ensino de natureza pública.

No que concerne à gestão dos hospitais de ensino, como o pagamento atrelado à produção dos hospitais de ensino é um processo relativamente recente (década de 1980), pouca ênfase foi direcionada à capacitação na gerência de recursos para os diretores e equipes destas unidades, gerando atraso no processo de profissionalização da administração e redução da capacidade de enfrentamento da crise.

Em 1995, foi organizado um seminário pela Organização Mundial de Saúde, sobre hospitais universitários dos 22 países participantes, que chegou ao consenso de que estes hospitais, além de terem importante papel na atenção de alta complexidade, de apresentarem forte envolvimento com atividades de ensino e de pesquisa relacionadas ao tipo de assistência prestada e de exercerem papel político importante nas comunidades em que se inserem, necessitavam de maior integração com a rede de cuidados locais de saúde. Esta integração seria importante para conter o desperdício de recursos, para experimentar novas formas de microgerenciamento em saúde a serem transferidas para os demais hospitais (pesquisa em gestão) e, principalmente, para adequar o ensino às necessidades de formação de recursos humanos em saúde para além dos cuidados terciários, portanto, de forma mais responsiva à demanda social e epidemiológica da população do entorno (MÉDICI, 2001) <sup>35</sup>.

Sobre esse último aspecto, levantamento realizado em 14 faculdades de medicina do Brasil, em 1995, mostrou que 86% do treinamento prático dos graduandos ainda se davam no interior dos hospitais universitários (os 14% restantes ocorriam em centros de saúde, hospitais-dia e/ou em programas de saúde da família), apontando para a premência de uma maior integração docente-assistencial na rede de atenção do Sistema Único de Saúde (SOUZA CAMPOS, 1999).

---

<sup>35</sup> Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Medicina - RESOLUÇÃO CNE/CES nº 4, DE 7 DE NOVEMBRO DE 2001: "O Curso de Graduação em Medicina tem como perfil do formando egresso/profissional, o médico, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a atuar, pautado em princípios éticos, no processo de saúde-doença, em seus diferentes níveis de atenção, com ações de promoção, prevenção, recuperação e reabilitação à saúde, na perspectiva da integralidade da assistência, com senso de responsabilidade social e compromisso com a cidadania, como promotor da saúde integral do ser humano."

A legislação específica sobre os mecanismos de financiamento dos hospitais de ensino desde a criação do FIDEPS para hospitais universitários, em 1991, pelo Ministério da Saúde (MS), está apresentada no Quadro 7. Observe-se que houve, desde o início, uma preocupação para que esses hospitais tivessem uma maior integração com o Sistema Único de Saúde (SUS) e que ofertassem assistência de maior complexidade. A partir de 1994, o Ministério da Educação passou a participar do processo de concessão do FIDEPS, junto com o MS; então, para a totalidade dos hospitais de ensino, e não somente para os universitários. Nesse período, novos requisitos de gestão e avaliação começaram a ser exigidos para estes hospitais. Esta preocupação com desempenho foi seguida por uma mudança de mecanismo de financiamento em 1999, quando o FIDEPS passou a ser concedido como valor fixo, acordado em contrato de metas. Como houve ainda intensificação da crise financeira na virada do século, aliada à necessidade de revisão daqueles hospitais que recebiam o título de hospital de ensino, começou-se a traçar uma política organizada e participativa para enfrentamento da crise.

Dentro desta ótica, o Ministério da Saúde reformulou, a partir de 2003, a Política Nacional de Atenção Hospitalar, considerando os hospitais universitários e de ensino como um dos segmentos prioritários, e tendo como eixos norteadores: a) humanização do atendimento (redefinição de práticas na gestão e na assistência, incluindo cuidado integral de saúde); b) intersetorialidade (estratégia transversal de ações e tomada de decisão); c) democratização da gestão (avaliação do papel social do hospital e controle social); d) garantia de acesso (cobertura e qualidade); e) inserção na rede (reconstrução do relacionamento com o SUS); f) contratualização (pactuação de metas entre gestores e prestadores; avaliação da efetividade das ações acordadas); g) financiamento (revisão de modelo de alocação de recursos, que passaria a ser orçamentado de acordo com as metas pactuadas).

Como primeira estratégia para melhoria da situação financeira, organizativa, de gestão, e para definição do papel e inserção destes hospitais no SUS, foi instituída uma comissão interinstitucional, através da Portaria Interministerial nº 562, de 12 de maio de 2003, com a participação do Ministério da Saúde, Ministério da Educação, Ministério da Ciência e Tecnologia e Ministério do Planejamento, presidida pelo primeiro, com o objetivo de avaliar e diagnosticar a situação dos HUEs no Brasil, visando a reformular e/ou reorientar a política nacional para o setor<sup>36</sup>. A Comissão

---

<sup>36</sup> Além do MS, MEC, MPOG e MCT, compõem a comissão: Associação Brasileira de Ensino Médico/ ABEM, Associação Brasileira de Ensino de Enfermagem/ ABEN, Associação Nacional dos Dirigentes de Instituições Federais de Ensino Superior/ ANDIFES, Associação Brasileira de Reitores de Universidades Estaduais e Municipais/ ABRUEM, Associação Brasileira de Hospitais Universitários e de Ensino/ ABRAHUE, Conselhos Nacionais de Secretários

Interinstitucional elaborou um diagnóstico inicial, levado ao público em seminário realizado em Salvador, em julho de 2003, que confirmou a existência de subfinanciamento e de problemas administrativos locais para lidar com a crise. No mesmo seminário, foi definida a necessidade de reavaliação dessas unidades e montado um instrumento para a certificação de todos os hospitais de ensino do país, quando seriam revistos os critérios para recebimento dos incentivos financeiros de ensino e de pesquisa (antigo FIDEPS).

A solicitação da visita de certificação, por comissão paritária de técnicos do Ministério da Saúde e da Educação, é voluntária. Uma vez que o hospital de ensino possua um conjunto de pré-requisitos (de integração docente e assistencial, de articulação com o SUS e de gestão interna participativa) para que seja certificado como de ensino<sup>37</sup>, ele se torna habilitado para inclusão no Programa de Reestruturação de Hospitais de Ensino no âmbito do SUS<sup>38</sup> e passa a pactuar com o respectivo gestor de saúde um orçamento global para realização de procedimentos de média complexidade e um quantitativo de procedimentos de alta complexidade (estes permanecem sendo pagos por produção). Como contrapartida, estabelece um compromisso por contrato para o cumprimento de metas relacionadas à produção de serviços, de ensino, de pesquisa e de avaliação tecnológica voltada para as necessidades do sistema de saúde<sup>39</sup>. Note-se que a Política de Reestruturação de Hospitais de Ensino, que objetiva consolidar os pré-requisitos acima citados, está calcada em duas grandes estratégias: a primeira, financeira, que implica no aumento do volume de aporte financeiro para os hospitais; a segunda, administrativa, que visa a garantir o melhor aproveitamento desses recursos mediante o aperfeiçoamento da gestão.

---

Estaduais e Municipais de Saúde/ CONASS e CONASEMS, respectivamente, Direção Nacional dos Estudantes de Medicina.

<sup>37</sup> Presentes na Portaria Inteministerial MEC/MS nº 1.000, de 15/04/2004, e normatizados na Portaria Inteministerial MEC/MS nº 1.005, de 27/05/2004. Atualizados na Portaria Interministerial MS/MEC nº 2. 400, de 02 de outubro de 2007.

<sup>38</sup> Criado na Portaria MS nº 1.702 de 17/08/2004.

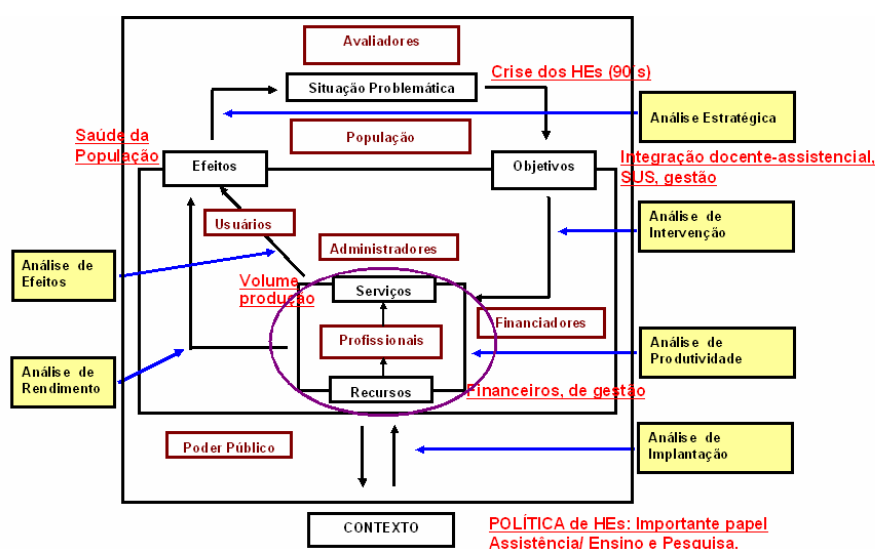
<sup>39</sup> Portaria MEC/MS nº 1.006, de 27/05/04 criou Programa de Reestruturação dos hospitais MEC e apresentou termo de referência para contratualização; Portaria GM/MS nº 1.702, de 17/08/04, criou Programa para os demais hospitais de ensino; Portaria GM/MS nº 1.703, de 17/08/04 regulamentou o processo e estipulou incentivo financeiro para a contratualização.

- **Portaria MS/SNAS/nº 15, 08/01/1991:** cria FIDEPS para Hospitais Universitários // **Portaria MS/SNAS/ nº 35, 27/03/1991:** regulamenta FIDEPS (estabelece percentual de: 0 - 25- 50%, de acordo com volume de ensino, de residência médica e integração ao Sistema de Alta Complexidade - SIPAC).
- **Portaria MEC nº 375, de 11/03/1991:** conceitua e diferencia categorias de Hospitais de Ensino (universitários, escola, auxiliares de ensino) de acordo com o tipo de vinculação às Universidades e/ou escolas médicas.
- **Portaria MS/SAS nº 32, de 16/02/1993.** Altera critérios e parâmetros do FIDEPS para Hospitais Universitários: estabelece percentual de: 25 - 50 - 75% (para 25%: exige dedicação ao SUS de 70% leitos, a existência de pronto atendimento, de Comissão de Controle de Infecção Hospitalar e de Residência Médica; para 50%, acrescenta-se: Unidade de Terapia Intensiva, Comissões de Revisão de Prontuários e de Ética, e serviço manutenção; para 75%, acrescenta-se: existência de pós-graduação senso estrito).
- **Portaria MS/SAS, nº 95, de 09/06/1994:** amplia FIDEPS para a totalidade dos Hospitais de Ensino;
- **Portaria Conjunta MEC/MS nº 001, de 16/08/1994:** para concessão FIDEPS. Introduce pré-requisitos de gestão (rotinas de análise de custos, acompanhamento de óbitos), de assistência (protocolos assistenciais, atendimento psiquiátrico), de maior integração ao SUS (referência e contra-referência de acordo com planejamento local da rede de serviços). Passa a considerar ainda: alunado da área da saúde, ensino de pós-graduação e pesquisa (incorporação tecnológica).
- **Portaria GM/MS, nº 1127, de 31/08/1999:** impõe novas condições de pagamento FIDEPS, valor passa a ser fixo; **Portaria MS/ SAS nº 779, de 29/12/1999:** apresenta minuta de Contrato de Metas (documento com indicadores de produtividade e desempenho para fixar financiamento hospitalar).
- **Portaria Interministerial MS/MPOG/MEC/MCT nº 562, de 12/05/2003:** institui Comissão Interinstitucional, presidida pelo MS, com o objetivo de avaliar e diagnosticar a situação dos HES no Brasil, visando a reformular e/ou reorientar a política nacional para o setor.
- **Portaria Interministerial MEC/MS nº 1.000, de 15/04/2004** (regulamentada na **Interministerial MEC/MS: 1.005 de 17/05/2004**): cria certificação dos hospitais de ensino e estabelece requisitos com base nos eixos de: integração docente-assistencial, integração ao SUS, gestão hospitalar.
- **Portaria Interministerial MEC/MS nº 1.006, de 27/05/2004:** cria o Programa de Reestruturação de Hospitais de Ensino do Ministério da Educação e apresenta o Termo de Referência para Contratualização.
- **Portaria Interministerial MEC/MS nº 1.702, de 17 de agosto de 2004:** cria o Programa de Reestruturação dos Hospitais de Ensino no âmbito do Sistema Único de Saúde (outros hospitais de ensino, além dos do MEC).
- **Portaria Interministerial MEC/MS nº 1.703, de 17 de agosto de 2004:** destina recurso à contratualização de Hospitais de Ensino públicos e privados.
- **Portaria Interministerial MEC/MS nº 2.352, de 26 de outubro de 2004:** Regulamenta a alocação de recursos financeiros ao processo de contratualização constante no Programa de Reestruturação dos Hospitais de Ensino do Ministério da Educação no Sistema Único de Saúde.
- **Portaria Interministerial MEC/MS nº 2.400, de 02 de outubro de 2007:** atualiza critérios para certificação dos HES.
- **Portaria Interministerial MPOG/MS/MCT/MEC nº 2.689. de 19 de outubro de 2007:** altera a

**Quadro 7: Legislação para Financiamento dos Hospitais Universitários e de Ensino no Brasil.**

Até agosto de 2009, 235 hospitais solicitaram a certificação (entre federais, estaduais, municipais, filantrópicos e privados), 161 foram certificados e 134 assinaram os contratos de metas com os gestores. A partir do segundo semestre de 2007, iniciaram-se as visitas de recertificação para monitoramento dos resultados alcançados com a Política. Nesse ínterim, também foram aprofundadas as discussões sobre os indicadores de ensino e pesquisa, de gestão e qualidade, a serem incorporados aos contratos de metas.

Finalmente, vale assinalar que um dos principais desafios hoje presentes para garantir a continuidade do processo consiste na necessidade do desenvolvimento de ferramentas de avaliação da Política, principalmente no que tange aos benefícios alcançados em termos de eficiência e qualidade na gestão dos recursos repassados. No que tange à pesquisa avaliativa apresentada no quadro teórico e delineamento da pesquisa, teríamos a situação problema pautada na crise dos HEs, e um diagnóstico de situação que caracteriza esses hospitais pela falta de integração docente-assistencial, de relacionamento com o sistema de saúde/ SUS e de capacidade local de gestão das unidades. Para o enfrentamento da crise, delineou-se uma política que enfatiza o aumento do aporte financeiro associado ao investimento na estrutura gerencial dos HEs. Espera-se que, com estas medidas, os recursos sejam suficientes e melhor aproveitados na produção de serviços para, finalmente, impactar positivamente na saúde da população. O foco da presente aplicação, portanto, está na análise de produtividade, quando se avalia a eficiência da transformação de recursos em serviços, por meio da Análise Envoltória de Dados (Quadro 8).



**Quadro 8: Pesquisa Avaliativa no Cenário da Política de Hospitais de Ensino.**

## 4.2) DEA Aplicada ao Cenário da Política dos HEs: Base Conceitual.

“Pensa como pensam os sábios, mas fala como falam as pessoas simples”  
(Aristóteles).

A partir do uso da ferramenta DEA, pode-se gerar um escore sumário baseado na distância à fronteira de melhores práticas e propor valores de referência para os indicadores presentes nos contratos de metas. Com estas possibilidades, temos um instrumento capaz de guiar e justificar a distribuição de incentivos financeiros baseada no critério de eficiência.

Para aplicação específica no terreno dos hospitais de ensino, e retomando o conceito de Rosenhead (2001), somente através do detalhamento dos fatores relevantes presentes em um modelo, e das suas interações, pode-se compreender as implicações das escolhas e, portanto, ajudar a tomada de decisões. Com esta ótica, para que o uso da ferramenta DEA contribua para a política de hospitais de ensino, algumas premissas acima pinceladas, no quadro teórico e na revisão da literatura, devem ser respeitadas na construção dos respectivos modelos, a saber:

- ❑ Hospitais de ensino são unidades tomadoras de decisão, atuantes no bojo do sistema de saúde nacional (SUS), portanto, sujeitos à regulação por parte dos gestores públicos da saúde, que ordenam os fluxos de pacientes de acordo com a demanda populacional e epidemiológica de entorno e promovem mecanismos de avaliação e controle da rede.
- ❑ No campo da regulação, vale retomar a experiência mundial que já demonstrou a influência negativa do subfinanciamento para a eficiência hospitalar (FERRIER et al., 2006), assim como o papel indutor positivo da introdução de contratos de metas (BIØRN *et al.*, 2003) e de incentivos financeiros baseados em qualidade de gestão para a eficiência hospitalar (FELDER e SCHMITT, 2004).
- ❑ Na dimensão assistencial, os hospitais de ensino oferecem tratamentos diferenciados de alta complexidade e costumam ter um *case mix* de maior gravidade quando comparado a outras categorias de hospitais. Esse aspecto torna relevante a necessidade de ajuste por gravidade nas comparações dos hospitais de ensino entre si e com hospitais que não possuam atividades de ensino.
- ❑ Para lidar com a dimensão de assistência, o modelo de variáveis de Ozcan que tem, entre *inputs*, recursos humanos médicos e não médicos, despesas operacionais, leitos e *mix* de serviços e, entre



*outputs*, a produção – ambulatorial, cirurgias, internações - ajustada por gravidade, cabe perfeitamente (OZCAN, 1993, 2008).

- Além disso, as missões institucionais dos hospitais de ensino compartilham de outras dimensões, visto que eles formam recursos humanos da saúde a serem absorvidos pelo sistema (atividades de ensino) e geram novas tecnologias para o sistema de saúde (atividades de pesquisa). Um escore sumário, portanto, deve considerar a totalidade das dimensões apontadas.
- No interior dos hospitais, outros microssistemas ou unidades tomadoras de decisão surgem, seja no nível dos serviços, seja das especialidades ofertadas. De maneira geral, há duas grandes instâncias decisoras nestes sistemas: a) as administrativas, que organizam os serviços, equipamentos e demais recursos a serem utilizados pelos profissionais; b) as médicas ou dos profissionais de saúde que, em última instância, decidem sobre o consumo dos recursos para que os tratamentos sejam efetuados. Normalmente, os *outputs* da esfera administrativa funcionam como *inputs* da esfera dos profissionais de saúde. Por exemplo, o administrador providencia uma sala cirúrgica em perfeitas condições e o cirurgião realiza os procedimentos que terão como saídas os pacientes submetidos ao mesmo. Numa cadeia de decisões e ações, as variáveis de estrutura (sala cirúrgica, por exemplo) costumam ser *inputs* para processos (cirurgia propriamente dita) e resultados (pacientes com alta por cura), e variáveis de processo (procedimento) são *inputs* para resultados (alta ou óbito).
- Para a negociação com o órgão regulador, dá-se ênfase àquelas decisões administrativas que usam recursos – humanos, outros de custeio, e de capital - para gerar como *output* os indicadores de produtividade que são acordados na contratualização com o gestor.
- Cabe ao diretor da unidade hospitalar o ato de “contratualizar internamente” as especificidades locais, ou estabelecer pactos internos com os serviços, nas dimensões de assistência, ensino e pesquisa, para aumentar a eficiência do mesmo.
- No tocante à orientação do modelo, dois olhares podem ser considerados. Como o gestor hospitalar tem maior governabilidade sobre a aquisição dos recursos, a orientação a *input* pode ser a escolhida. Por outro lado, na ótica da autoridade pública de saúde, uma vez que se considera a existência de problemas de profissionalização

na gestão dos recursos, acredita-se que, para um mesmo *pool* de inputs, pode-se atingir maior quantidade de produtos. Neste caso, orientação a *output* parece ser a mais adequada.

- Com relação à escolha do modelo propriamente dito, se considerada a predominância dos modelos clássicos (CRS ou VRS), prefere-se usar retornos variáveis de escala se forem comparados hospitais de portes muito diferentes, o que é aferido pelo número de leitos. No caso de hospitais sob comparação mais homogêneos, não há problema da escolha de retornos constantes de escala.
- Por outro lado, para considerar especificidades da fronteira de acordo com a opinião do gestor e/ou do especialista, presume-se que a introdução de restrições aos pesos seja cada vez mais necessária. O uso das restrições também permite integrar a visão do gestor da unidade (que reconhece as especificidades do ambiente hospitalar) com aquelas do gestor federal, que deve basear a alocação de recursos em critérios equânimes para todos os hospitais de ensino. Na mesa de negociação, por meio das restrições, ambas as perspectivas podem ser abordadas sem conflito (LINS *et al.*, 2007).
- Como os hospitais de ensino pertencem a uma rede maior de serviços de saúde, têm as suas eficiências influenciadas – no tempo e no espaço - por variáveis externas, nem todas sujeitas à governabilidade do gestor, como natureza jurídica, organizações sindicais, nível sócio-econômico da população de entorno, competitividade de mercado, etc. O conhecimento destas influências pode orientar quais os ajustes regionais necessários para os contratos de metas.
- Conforme estabelecido pela Política de Hospitais de Ensino, e dada a ampla participação da sociedade na construção da mesma, é importante que se desenvolvam práticas de consenso na construção dos seus mecanismos de avaliação. O consenso é importante não somente para a escolha das variáveis, mas também para a introdução das restrições aos pesos, para a interpretação dos resultados e, finalmente, para a formulação de propostas.

Assinaladas estas evidências, vale destacar algumas das especificidades dos hospitais de ensino que devem ser prioritariamente consideradas nas políticas de financiamento: a) a multidimensionalidade da missão destes hospitais, que exige uma composição orçamentária mais complexa; b) o *trade-off* entre o baixo volume de financiamento e capacidade de gestão na interpretação dos motivos da crise

financeira; c) a influência de outros fatores, ditos ambientais, na eficiência dos hospitais de ensino. Uma vez já apresentadas algumas das metodologias próprias para responder a estas questões, no escopo da programação linear e da Análise Envoltória de dados, mostraremos os resultados da aplicação no contexto da Política de Hospitais de Ensino (HEs)<sup>40</sup>.

Na linguagem do gestor, estaríamos buscando responder às seguintes questões no cenário da Política dos HEs:

- **MULTIDIMENSIONALIDADE:** Como lidar simultaneamente com assistência X ensino X pesquisa? □ Para responder, usaremos: MODELO SEPARADO, MODELO HIERÁRQUICO e NETWORK DEA.
- **IMPACTO DA REFORMA DE FINANCIAMENTO:** Houve impacto mensurável? Se positivo, por aumento do volume de financiamento ou por melhoria do modelo de gestão? □ Para tal, usaremos: ÍNDICE de MALMQUIST/DEA
- **FATORES AMBIENTAIS:** Existem outros fatores que alteram a eficiência e merecem ajuste nos contratos de metas? □ Para tal, usaremos: REGRESSÃO em 2(DOIS) ESTÁGIOS

De modo a demonstrar as possibilidades de resposta às duas primeiras perguntas, foram feitos estudos de caso com os hospitais universitários federais e gerais do MEC, os quais correspondem a cerca de 20% dos hospitais de ensino do país. Já na regressão, em dois estágios, agregaram-se outros hospitais de ensino, pertencentes a outras esferas administrativas (outros federais, estaduais, municipais, filantrópicos e privados). Nas seções seguintes, as metodologias serão apresentadas de acordo com: I) justificativa e objetivos da escolha metodológica, II) procedimento de modelagem utilizado, III) resultados encontrados e IV) comentários sobre a aplicação.

### **4.3) Abordagem da Multidimensionalidade.**

Hospitais de ensino têm missão não somente no campo da assistência em saúde, mas também no ensino e na pesquisa. Nesse sentido, o financiamento baseado nas boas práticas deve considerar o grau de eficiência em todas estas dimensões, e o grau de articulação entre as mesmas. Para o grupo dos hospitais federais universitários, gerenciados pelo Ministério da Educação, serão mostradas três abordagens para tratar da multidimensionalidade dos hospitais universitários: modelos em separado, modelos hierárquicos e Network DEA (em redes).

---

<sup>40</sup> O resultado de cada uma dessas aplicações foi encaminhado para congressos e periódicos, tanto de Pesquisa Operacional como de Saúde Coletiva, para divulgação e contribuição acadêmica.

Os dados provieram do Sistema de Informação dos Hospitais Universitários Federais (SIHUF), gerenciado pela Coordenação de Hospitais Universitários do Ministério da Educação (MEC), com informações do segundo semestre de 2003, ano em que houve validação dos dados por comissões de verificação. De modo a garantir um grupo homogêneo de hospitais para comparação, optou-se por excluir aqueles de especialidade e as maternidades. Os hospitais estão representados pelas siglas das respectivas universidades. No caso da UFRN, existem duas unidades, a UFRN-AB se constituindo em pólo de extensão da universidade em município próximo à capital. No modelo em separado e no modelo em redes, foi excluída esta última unidade (UFRN-AB), consideradas as suas características assistenciais distintas dos demais 30 hospitais universitários federais.

#### **4.3.1) Modelos em Separado: Médico (MM) e de Ensino-Pesquisa (MEP).<sup>41</sup>**

##### **I – Justificativa e Objetivos:**

Numa primeira abordagem da multidimensionalidade, optou-se por desenvolver duas fronteiras em separado: uma de assistência (modelo médico) e outra de ensino-pesquisa (a pesquisa sendo incorporada ao ensino dada à lacuna de dados no Sistema de Informação do MEC/ SIHUF). Uma vez comparados os modelos em separado, foram indicadas as mudanças necessárias das variáveis específicas e estudados os *trade-offs* para que todos os hospitais pudessem atingir a fronteira. O *software* utilizado foi o IDEAL (Interactive Data Envelopment Analysis Laboratory), desenvolvido no país (COPPE/UFRJ), e capaz de prover a visualização tridimensional da fronteira de produtividade. O principal objetivo da modelagem foi o de gerar recomendações e parâmetros de indicadores para o gestor da saúde pública, enquanto ferramenta de avaliação de desempenho.

##### **II- Procedimento de Modelagem:**

Para o desenvolvimento das duas fronteiras, foi escolhido o modelo VRS, com retornos variáveis de escala, já que existem DMUs de portes muito diferentes. Optou-se pela orientação a *input* considerando-se que, para incorporar as recomendações, o gestor da unidade teria maior governabilidade ou poder gerencial sobre as variáveis de recursos (como leitos e serviços ofertados). Ademais, dado que o custeio de recursos humanos tem sido um ponto de enfrentamento para lidar com a crise financeira desses

---

<sup>41</sup> Publicado: Evaluating the performance of Brazilian university hospitals. *Annals of Operations Research*. Online first. DOI 10.1007/s10479-009-0528-1, 2009. (Anexo II)

hospitais, maior ênfase analítica foi dada a este recurso específico. O modelo médico (MM) usou as variáveis assistenciais recomendadas por Ozcan (ver seções 3.1 e 4.2, e Tabela 1).

Para o ajuste de complexidade, utilizou-se uma medida *proxy* de *case-mix*, criada por equipe de técnicos do MEC, baseada no número de procedimentos de alta complexidade (AC) realizados pela unidade e credenciados pelo MS. Para cada procedimento que exige credenciamento (como neurocirurgias, cirurgias cardíacas, transplantes), foi atribuído um peso específico (pontos de 1-5) de acordo com o volume de recursos necessários à realização. A soma ponderada dos procedimentos de AC gerou um valor para a variável chamada SIPAC que, dividido pela média de complexidade de todos, criou um índice para cada hospital (LOBO *et al.*, 2006).

O modelo de ensino-pesquisa usou como *inputs*: médicos (MED), professores com doutorado (PHDP), outros professores (OUTP); como *outputs*: residentes (RES), alunos de graduação (medicina, GMED) e alunos de pós-graduação (medicina, PGMED). A abordagem analítica considerou a eficiência relativa em cada um dos modelos para gerar propostas complementares de melhoria.

### **III - Resultados encontrados:**

#### **A) Modelo Médico (MM) ou Assistencial:**

Entre os 30 hospitais analisados, 11 (35%) foram considerados eficientes. A média de eficiência entre os demais foi de 0,84. Houve predominância de eficiência entre hospitais de maior porte, acima de 300 leitos (6 entre 9 hospitais maiores *versus* 5 entre 21 hospitais menores). A Tabela 1 mostra a média e desvio-padrão das variáveis do modelo considerando a diferença de porte.

De acordo com a Figura 4, entre os hospitais de menor porte, as unidades eficientes distinguem-se das ineficientes por utilizarem um menor volume de recursos. Observe-se que, para produtos como consultas e cirurgias, o volume médio entre as unidades ineficientes inclusive superou o daquelas eficientes. No caso de hospitais de maior porte, que consomem proporcionalmente mais recursos, a distinção entre hospitais eficientes e ineficientes é evidenciada principalmente pela diferença da produção, maior entre as eficientes, o que demonstra um padrão diferente quando comparado às unidades menores.

Tabela 1: Média e Desvio Padrão (parênteses) de Variáveis de Input e Output de acordo com Porte e Eficiência Hospitalar (Modelo Médico).

	HOSPITAIS UNIVERSITÁRIOS	Eficientes		Não Eficientes	
	PORTE (LEITOS)	≥ 300	< 300	≥ 300	< 300
	NÚMERO HUs	6	5	3	16
	EFICIÊNCIA	1.00	1.00	0.81 (0.07)	0.84 (0.09)
<b>INPUT</b>	FNM	3.030 (708)	703 (235)	2.627 (657)	1.417 (444)
	MED	349 (91)	102 (54)	399 (95)	224 (76)
	DESPOP * 10 <sup>6</sup>	3,0 (2,0)	0,5 (0,22)	2,71 (0,90)	1,06 (0,50)
	LEITOS	454 (142)	132 (87)	467 (90)	227 (51)
	MIX SERVIÇOS	78 (30)	37 (15)	78 (12)	61 (20)
<b>OUTPUT ajustado*</b>	CIRURGIAS	1.380 (554)	45 (37)	887 (595)	305 (219)
	ADMISSÕES	3.085 (713)	1.066 (79)	2.011 (595)	537 (335)
	CONSULTAS	41.151 (14.836)	1.853 (1.651)	31.501 (14.900)	9.849 (6.374)

FNM: Funcionários Não-Médicos; MED: Médicos; DESPOP: Despesas Operacionais; MIX SERVIÇOS: Mix de Serviços Ofertados. \* Output ajustado por complexidade hospitalar.

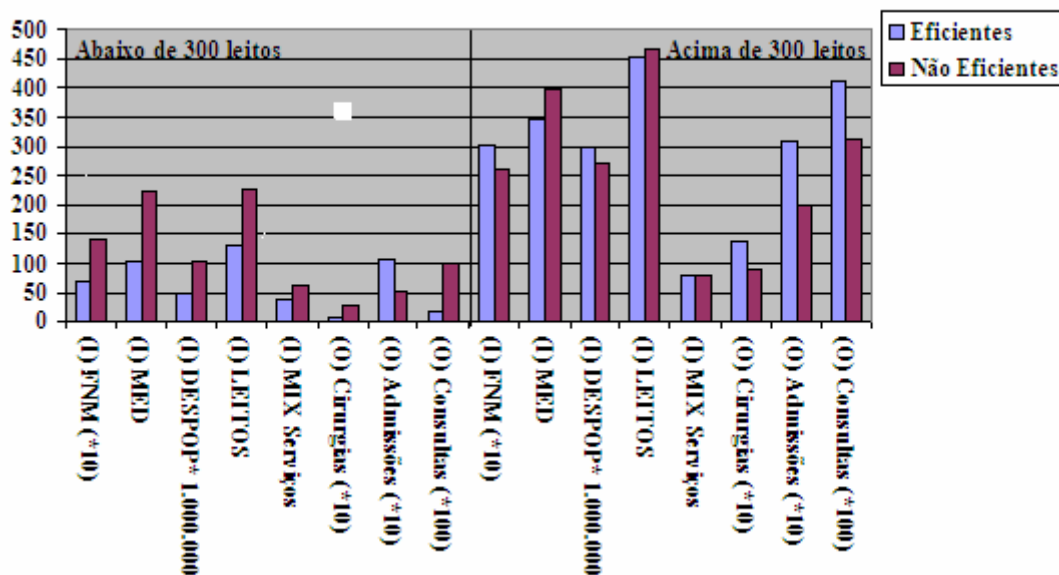


Figura 4: Valor Médio de Inputs (I)/ Outputs (O) de acordo com Porte e Grau de Eficiência Hospitalar.

### B) Modelo de Ensino e de Pesquisa:

Na análise tridimensional das unidades com variáveis de ensino e de pesquisa, as Figuras 5 e 6 já mostram na fronteira 09 unidades eficientes, reconhecidas como vértices das faces das fronteiras (mais escuras, com vértices do HCPA, UFMG, UNIFESP, UFBA, UFJF, UFMT, UNB, UFPA, UFPEL). A análise 3-D também permite localizar as unidades de acordo com a escala (se mais próximas ao vértice, posicionadas em região crescente em escala, e vice-versa) e identificar alguns *trade-*

offs de *inputs* (médicos e professores, na Figura 5) ou de *outputs* (residentes e alunos, na Figura 6). Esta última análise permite compreender algumas estratégias internas de gerenciamento do ensino nas instituições, havendo, por exemplo, unidades que privilegiam os alunos de internato (UFJF), enquanto outros enfatizam os médicos residentes (UNIFESP), já que ambos aprendem treinando em serviço, à beira dos leitos, o que muitas vezes gera competição pelo aprendizado (Figura 6). No caso do *trade-off* entre médicos e professores, observa-se uma tendência geral a apostar nas atividades didáticas dos médicos, o que poderia ser um reflexo da falta de concursos para docentes nos últimos anos (Figura 5).

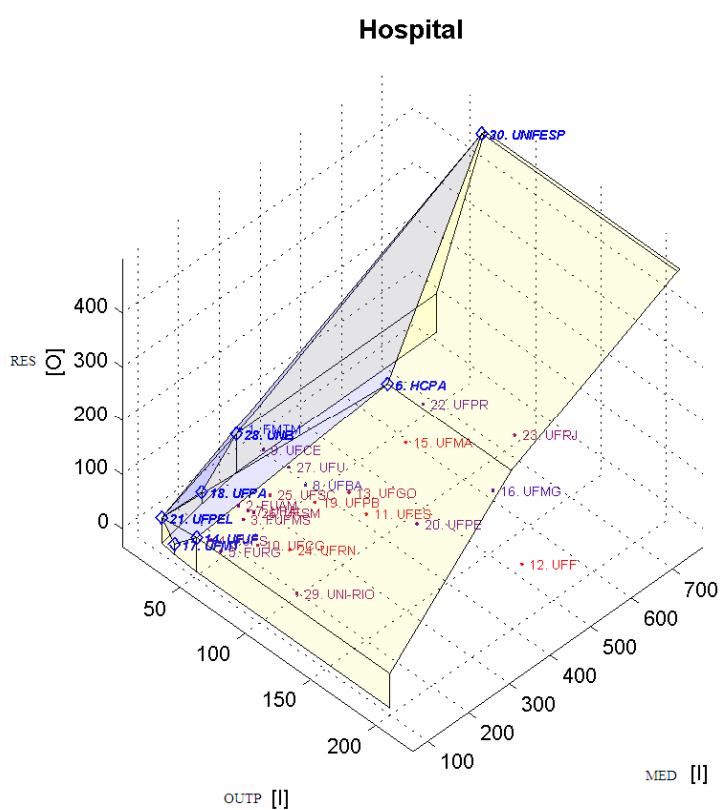
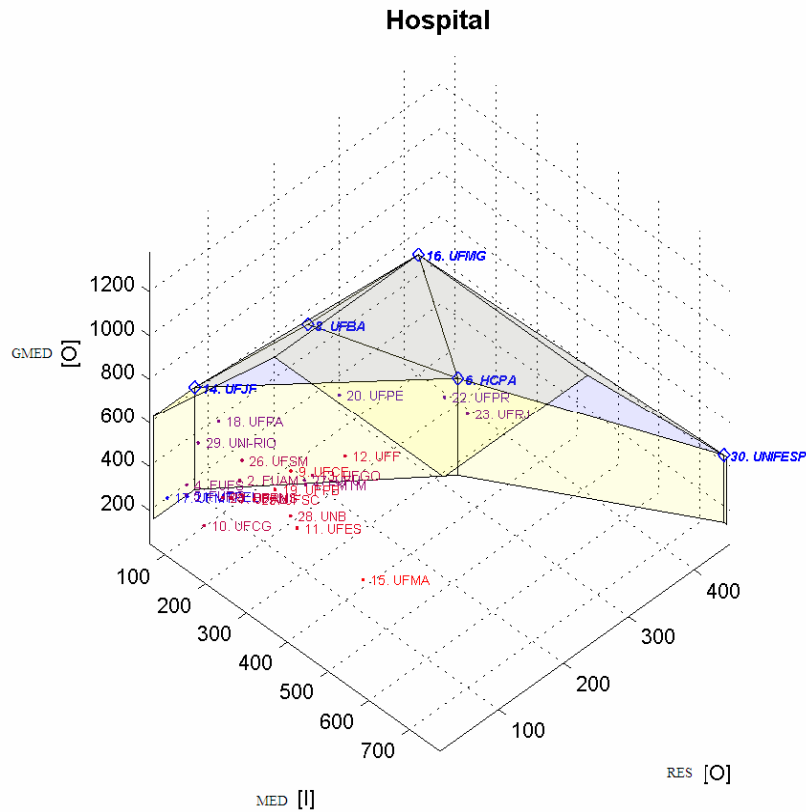


Figura 5: Fronteira de ensino definida pelas variáveis: médicos (MED) e professores (outros, OUP) como *inputs* e residentes (RES) como *output*.



**Figura 6: Fronteira de ensino definida pelas variáveis: médicos (MED) como *input* e residentes (RES) e alunos de graduação (GMED) como *outputs*.**

Quando rodado o modelo completo com a totalidade das variáveis, 50% dos hospitais foram considerados eficientes. No entanto, 4 dentre os eficientes tiveram as variáveis *proxy* para pesquisa (alunos de pós-graduação ou professores com doutorado) com valor zero, sendo descartados do conjunto de unidades eficientes. Dos 11 hospitais eficientes restantes, 6 tinham mais de 300 leitos. De maneira geral, os hospitais eficientes apresentavam maior número de alunos e de professores com doutorado. A média do escore entre os ineficientes foi de 0,73. Sendo o modelo orientado a *input*, foi calculado um excesso de: 1.089 médicos (média = 73/hospital) e 664 professores (44/ hospital).

### C) Avaliação Conjunta:

O Quadro 9 sintetiza os escores de eficiência em cada uma das dimensões, categorizando os hospitais de acordo com a eficiência: total (ambos os modelos), no modelo médico, no modelo de ensino-pesquisa e em nenhum deles. 50% dos hospitais eram eficientes em pelo menos uma das dimensões, ao passo que 7 entre 30 foram eficientes em ambas (destes, 5 eram de grande porte).



A Tabela 2 define a média e desvio-padrão para as variáveis dos modelos, de acordo com a eficiência e o porte hospitalar, sendo possível identificar as variáveis que devem ser alteradas para que cada hospital alcance a fronteira. Também é apresentado o excesso de médicos em ambos os modelos, de docentes no modelo de ensino-pesquisa, de funcionários no modelo médico, na tentativa de identificar possíveis *trade-offs* da força de trabalho que tem atividades intercambiáveis de ensino e de assistência. Uma situação de excesso de pessoal em apenas um, ou em ambos os modelos, permite avaliar a possibilidade de realocação dos funcionários entre as atividades de ensino/pesquisa/assistência. A questão de pessoal se torna localmente mais complexa dado que, no caso brasileiro, em hospitais públicos, existe estabilidade empregatícia no serviço público, e dificuldade de demissão ou colocação de pessoal em disponibilidade. Considerando o somatório das distâncias à fronteira de todos os hospitais, houve excesso de 690 médicos (8,8% do total absoluto de médicos, somando ambos os modelos, e predominando este excedente no modelo ensino-pesquisa), de 5.295 funcionários (9,6% do total, no MM) e 664 professores (15,7% do total, no MEP).

Finalmente, na Tabela 3 são mostrados indicadores de ensino tradicionalmente usados nos hospitais. Considerando-se que os hospitais duplamente eficientes trazem os melhores parâmetros, observa-se que estes hospitais têm maior carga de ensino (relação residente/leito e residente/docente, ou intensidade e dedicação de ensino, respectivamente) e proporção de docentes com doutorado (o que se traduz em estímulo à pesquisa). Com relação à razão funcionário/leito (pela maior complexidade da assistência), a mesma está acima de 6,0, praticamente o dobro do preconizado pela Organização Mundial de Saúde para hospitais que não são de ensino. A relação de alunos por professor se mantém em torno de 3,0 nos hospitais duplamente eficientes, mas se aproxima de 5,0 naqueles apenas eficientes no modelo de ensino-pesquisa. O excesso de alunos, de fato, pode ter impacto no aumento do consumo de recursos assistenciais.

**Quadro 9: Eficiência de hospital universitário de acordo com modelos: médico (MM) e de ensino-pesquisa (MEP).**

<b>Eficiência Total</b>	<b>Eficiência Ensino-Pesquisa</b>
HCPA * (1.0, 1.0)	UFPR * (0.90, 1.0)
UFMG * (1.0, 1.0)	FMTM (0.87, 1.0)
UFU * (1.0, 1.0)	UFBA (0.83, 1.0)
UNB * (1.0, 1.0)	UFCE (0.80, 1.0)
UNIFESP * (1.0, 1.0)	
UFJF (1.0, 1.0)	
UFPEL (1.0, 1.0)	
<b>Eficiência Modelo Médico</b>	<b>Nenhuma</b>
UFRJ * (1.0, 0.68)	UFMA * (0.72, 0.66)
FUFS (1.0, 0.78)	UFPE * (0.81, 0.72)
UFMT (1.0, 1.0); sem pesquisa	FUAM (0.88, 0.98); sem pesquisa
UFPA (1.0, 1.0); sem pesquisa	FUFMS (0.68, 0.87)
	FURG (0.96, 0.68)
	UFAL (0.83, 0.55)
	UFCG (0.95, 1.0); sem pesquisa
	UFES (0.93, 0.90)
	UFF (0.75, 0.39)
	UFGO (0.80, 1.0); sem pesquisa
	UFPB (0.98, 0.72)
	UFRN (0.85, 0.90)
	UFSC (0.63, 0.67)
	UFSM (0.81, 0.88)
	UNIRIO (0.91, 0.56); sem pesquisa

\* > 300 Leitos. Entre parênteses, escore de MM e MEP.

**Tabela 2: Média e Desvio-Padrão das variáveis: *Input/Output* e excesso de recursos humanos de acordo com os modelos: médico (MM) e de ensino-pesquisa (MEP).**

Eficiência	Eficiência Total		Eficiência Modelo Médico		Eficiência Ensino-Pesquisa		Nenhuma	
	> 300	< 300	> 300 *	< 300	> 300 *	< 300	> 300	< 300
Porte /Leitos								
MED	405 (209)	67 (5)	487 (0)	125 (61)	429 (0)	257 (43)	384 (161)	217 (84)
PHDP	137 (117)	15 (6)	157 (0)	12 (7)	88 (0)	45 (23)	65 (64)	27 (23)
OUTP	95 (66)	49 (21)	174 (0)	43 (14)	122 (0)	58 (36)	127 (57)	87 (48)
GMED	590 (402)	385 (324)	729 (0)	421 (259)	727 (0)	600 (300)	499 (225)	369 (145)
RES	240 (143)	71 (11)	232 (0)	34 (5)	233 (0)	121 (40)	118 (75)	78 (54)
PGMED	850 (1.237)	21 (21)	451 (0)	17 (30)	140 (0)	142 (50)	118 (97)	37 (51)
FNM	3.504 (1.520)	590 (21)	3.609 (0)	779 (298)	3.438 (0)	1.586 (120)	2.221 (556)	1.410 (493)
DESPOP * 10 <sup>6</sup>	4,91 (3,33)	0,63 (0,26)	2,42 (0)	0,41 (0,19)	3,6 (0)	1,31 (0,32)	2,25 (1,09)	1,01 (0,55)
LEITOS	508 (193)	108 (37)	472 (0)	148 (116)	566 (0)	236 (10)	417 (98)	225 (58)
Mix Serviço	86 (31)	42 (18)	64 (0)	35 (16)	69 (0)	73 (19)	83 (17)	59 (21)
Cirurgia	1.626 (837)	76 (15)	1.523 (0)	10 (8)	1.255 (0)	394 (138)	702 (309)	285 (242)
Admissão	3.853 (1.661)	168 (57)	2.723 (0)	32 (23)	2.809 (0)	680 (338)	1.612 (329)	504 (352)
Consulta	80.518 (89.214)	3.212 (892)	41.049 (0)	409 (150)	51.436 (0)	16.523 (3,204)	21.533 (8.363)	8.309 (6.225)
Excesso MED (MEP)	0	0	158 (0)	9 (16)	0	0	121 (66)	51 (64)
Excesso MED (MM)	0	0	0	0	44 (0)	43 (13)	95 (61)	43 (32)
Excesso FNM (MM)	0	0	0	0	350 (0)	260 (37)	538 (266)	238 (200)
Excesso Professor (MEP)	0	0	107 (0)	5 (9)	0	0	56 (29)	33 (50)

\* Nota: somente um hospital na categoria.

**Tabela 3: Indicadores relacionados a hospitais de ensino de acordo com eficiência nos modelos: médico (MM) e de ensino-pesquisa (MEP).**

Razões	Nenhuma	Eficiência MM	Eficiência MEP	Eficiência Total
Funcionários/Leito Residente/Leito (Intensidade de Ensino)	6.06	6.45	6.44	6.79
Residente/ Médico-Docente (Dedicação de Ensino)	0.33	0.36	0.47	0.49
Alunos de Medicina/ Docentes	0.34	0.39	0.50	0.62
% Docentes com Doutorado	3.10	4.03	4.85	2.90
	0.26	0.39	0.43	0.44

#### IV - Comentários sobre a Aplicação:

Esta abordagem em separado da multidimensionalidade, em síntese, corresponde à categoria de “Uso Prático de Apoio à Decisão”, conforme mostrado na revisão da literatura, e procurou trazer informações para usufruto do gestor local da saúde, como a definição da eficiência relativa em dimensões distintas, avaliação dos excessos de recursos utilizados e o estabelecimento de parâmetros para avaliação do ensino no interior das unidades hospitalares.

Também vale ressaltar que a menor eficiência atribuída aos hospitais de ensino na literatura mundial pode ser explicada não somente pela existência de múltiplos *outputs* não considerados nos modelos de assistência (como os de ensino e pesquisa), mas também pela ocorrência de algumas diferenças intrínsecas em relação a alguns *inputs* (como no caso de número de funcionários, que deve ser mais alto nos hospitais de ensino), afora as diferenças de complexidade hospitalar. Da mesma forma, a eficiência em uma dimensão (como a maior proporção de alunos/*outputs* por professor/*inputs*) pode gerar impacto negativo no escore de uma dimensão distinta (uso de recursos assistenciais).

Finalmente, é importante colocar que os médicos nos hospitais de ensino têm tarefas diversas nas esferas de assistência, de ensino e pesquisa. Na prática, é frequentemente difícil balancear ou otimizar este elenco de atividades, assim como dar pesos aos diferentes produtos das respectivas dimensões. Esta questão deve ser tratada com cuidado ao considerar a presença de múltiplas dimensões que se utilizam dos mesmos recursos.

#### **4.3.2) Modelos Hierárquicos<sup>42</sup>.**

##### **I – Justificativa e Objetivos:**

Uma segunda abordagem da multidimensionalidade procurou unificar o escore aferido em cada dimensão, também fazendo uso da ferramenta DEA. Na concepção de modelo hierárquico, foram desenvolvidos vários níveis de análise: a) a análise exploratória de cada dimensão em separado - assistência, ensino e pesquisa; b) o refinamento do modelo a partir da introdução da opinião do especialista e c) a unificação dos escores oriundos das diversas dimensões.

Vale colocar que, na análise exploratória, o *software* IDEAL, ao promover a visualização tridimensional da fronteira, facilitou a escolha das variáveis pertinentes, assim como a compreensão dos resultados dos modelos (multiplicador e envelope) pelo especialista e decisor. A representação geométrica dos resultados, e as explicações para as incongruências observadas pelos especialistas, como o caso da falta de ajuste por complexidade, por exemplo, permitiram a introdução de correções pertinentes, mediante a introdução das restrições aos pesos.

De modo a criar consenso, os resultados parciais da modelagem foram discutidos em seminário conjunto do HUCFF/UFRJ e COPPE/UFRJ, realizado em outubro, 2006: “O Uso da Pesquisa Operacional como Ferramenta de Apoio à Gestão

---

<sup>42</sup> Trabalho apresentado na EWEPA, Bruxelas, 2005; SOBRAPO, Goiânia, 2006. Publicado na revista: *Ciência & Saúde Coletiva* (2007); 12(4): 985-998 (edição temática de assistência hospitalar) (Anexo II).

em Saúde”. O objetivo principal do trabalho consistiu em aplicar os desenvolvimentos teóricos recentes da metodologia DEA e, ao mesmo tempo, criar mecanismos práticos de interação entre analista de PO e especialista de saúde que tornassem o modelo o mais próximo possível da realidade. Neste sentido, o passo a passo da modelagem hierárquica, assim como a participação do especialista em todos os níveis, foi de grande importância.

## **II- Procedimento de Modelagem:**

No procedimento de modelagem, cada hospital universitário foi representado como uma DMU (*Decision Making Unit*) dotada de autonomia. Na hierarquização do modelo, o primeiro nível consistiu na análise exploratória de dados. Neste nível, na dimensão de assistência, foram utilizados *outputs* sob a forma de razões com o intuito de indicar o aproveitamento da estrutura em diferentes unidades, como a unidade de internação (admissões/leitos), o centro cirúrgico (cirurgias/sala) e a unidade ambulatorial (consultas/sala). Note-se que o cálculo destas razões já seria equivalente ao resultado de um modelo DEA CRS (retornos constantes de escala), visto que o numerador corresponde a um *output* (indicador de resultado: admissões ou consultas ou cirurgias) para cada denominador/*input* (indicador de estrutura: leito ou sala). Foram utilizados gráficos para mostrar as fronteiras tridimensionais VRS como ferramenta de apoio à seleção de variáveis. Os gráficos, gerados pelo *software* IDEAL, permitiram visualizar a relação entre *inputs* e *outputs*, três a três, identificando aqueles conjuntos que geram fronteiras com maior número de faces Pareto-eficientes, de dimensão completa (pelo menos três vértices). Os gráficos também foram utilizados para explicar os resultados obtidos através dos modelos dos multiplicadores e do envelope, com maior número de variáveis, facilitando a compreensão do decisor.

No segundo nível, foram ajustados os modelos completos nas três dimensões, considerando retornos variáveis de escala (VRS): assistência, ensino e pesquisa, e introduzidas as restrições aos pesos. Todos os modelos utilizados foram orientados a *output*, tendo-se como meta a expansão dos serviços, uma vez que se esperava a melhoria da produção para o mesmo conjunto de recursos por meio de melhorias organizacionais e de gestão. Nesta fase, também foram realizados ajustes da fronteira para facilitar a comparação de diferentes portes hospitalares.

No terceiro nível, as eficiências parciais foram utilizadas como variáveis de *output* e então gerado o ranqueamento dos hospitais, ou seja, o escore final de eficiência foi gerado em modelo único, sem *input*, que considerava os escores das diferentes dimensões como variáveis de *output*.

A escolha das variáveis procurou traduzir as dimensões de assistência, de ensino e de pesquisa e baseou-se na análise da literatura em DEA aplicada à saúde, na opinião de especialistas e na disponibilidade dos dados (Quadro 10). Na construção do Índice de Alta Complexidade, foi usada a medida *proxy* de *case mix*, criada por equipe de técnicos do Ministério da Educação/ MEC, baseada na soma ponderada de procedimentos de alta complexidade realizados pela unidade e credenciados pelo Ministério da Saúde/ MS (Sistema de Informações de Procedimentos de Alta Complexidade - SIPAC), conforme já descrito no modelo em separado.

VARIÁVEL		DIMENSÃO
<b>INPUTS</b>	Número de funcionários não médicos (FNM)	Assistência
	Número de médicos (MED)	Assistência
	Receita média mensal proveniente do SUS (RSUS)	Assistência
	Número total de docentes	Ensino
	Docentes com doutorado (DOC PhD)	Pesquisa
<b>OUTPUTS</b>	SIPAC (Índice Alta Complexidade)	Assistência
	Relação internações/leito (mensal) (INT/L)	Assistência
	Relação cirurgias/sala (mensal) (CIR/S)	Assistência
	Relação consultas ambulatoriais/sala (CAMB/S)	Assistência
	Número de alunos graduação medicina (GRAMED)	Ensino
	Número de residentes médicos (RESM)	Ensino
	Número de mestrandos/doutorandos (MESDOUT)	Pesquisa
	Número de programas de pós-graduação (PPG)	Pesquisa

**Quadro 10: Variáveis de *Input* e *Output* selecionadas no estudo da multidimensionalidade.**

### III - Resultados encontrados:

#### A) No primeiro nível:

Um modelo completo tem tantas dimensões quantas variáveis forem incorporadas. No entanto, a utilização de submodelos com três variáveis para visualização de gráficos 3D pode ser utilizada para escolha e interpretação das variáveis que constarão do modelo final. A Figura 7 considera as variáveis: Internações/leito – INT/L [O], Cirurgias/sala - CIR/S [O] (*outputs*) e Funcionários não médicos – FNM [I] (*input*), e a fronteira Pareto-eficiente (mais escura na figura) apresenta quatro faces e seis DMUs eficientes (vértices de cada face). A Figura 8 mantém as variáveis de *output* e substitui a variável de *input* por Receita SUS mensal – RSUS [I]. A nova fronteira apresenta cinco faces e as mesmas seis DMUs eficientes. Isso significa que essas seis unidades apresentar-se-ão com eficiência de 100% no modelo clássico.

As unidades ineficientes se projetarão nessas faces e os valores de  $\lambda$ , ou das variáveis de intensidade, do modelo do envelope serão gerados de forma a











## **B) No segundo nível:**

### **B.1) Dimensão Assistência:**

Uma vez realizada a análise exploratória, o modelo final foi rodado com a totalidade das variáveis de assistência, sem restrições, e mostrou 17 unidades eficientes; 14 delas já evidenciadas na análise exploratória 3-D (Tabela 4). Nos modelos clássicos (CRS ou VRS), o hospital aloca os pesos de modo a maximizar a eficiência aferida, sem considerar a importância relativa de cada variável. Mais uma vez, tornou-se necessária a incorporação da opinião do especialista e do decisor para definir a relevância das variáveis e garantir que o modelo final tivesse resultados coerentes com a realidade sob modelagem.

Para demonstrar o papel da introdução dessas restrições, são apresentados na Tabela 4 os índices de eficiência e os pesos virtuais do modelo com as seguintes restrições impostas:

- a) Para *inputs*, todos eles devem ter o peso de, no mínimo, 20%, sendo que a variável Receita SUS teve um máximo estipulado em 50%. Isso garante que todas as variáveis de *input* sejam consideradas no modelo e ainda evita que as unidades que têm baixíssimo faturamento, associado à baixa produção, não dediquem no modelo toda a participação livre (no caso, 60%) a esta variável, quando deficitária;
- b) Para *outputs*, o SIPAC teve seu peso máximo delimitado em 50%, já que é uma variável de ajuste e pretende-se avaliar a produção propriamente dita. As variáveis de internação e de cirurgia tiveram o peso mínimo delimitado em 20%. Para o aproveitamento de ambulatório, os limites foram fixados entre 10 e 30%.
- c) Para lidar com a diferença de escala relacionada à variável de complexidade - SIPAC, a fronteira do modelo foi dividida em: a) para as DMUs com valores menores de SIPAC, localizadas em região de retornos crescentes de escala, foi usado o modelo CRS e b) para os hospitais mais complexos, localizados em região de retornos decrescentes de escala, usou-se o modelo VRS. Essa partição do modelo procurou evitar que unidades de baixa complexidade atribuísem alto peso para a variável SIPAC.

Realizados esses ajustes, o modelo final com a restrição de pesos mostra maior poder de discriminação, menor número de unidades eficientes (n=8) e ausência de p-virtual alto para SIPAC em hospitais de baixa complexidade.

Vale colocar que a interpretação dos pesos virtuais é, por si só, uma ferramenta complementar para a monitorização do desempenho desses hospitais. Como a somatória dos *inputs* e também a dos *outputs* equivale a 100%, a análise da distribuição dos pesos para atingir a máxima eficiência nos permite acompanhar o comportamento da unidade. Dentro da lógica de Pareto-Koopmans, se um hospital atribui um peso muito alto a uma variável de entrada, isso significa que ele, em comparação aos demais, consome menor volume de recursos, ou que suas outras variáveis de *input* consomem proporcionalmente mais recursos. Da mesma forma, se o hospital atribui um peso muito elevado a uma variável de saída, isso significa que ele, em comparação aos outros, tem alta produção, ou pior resultado nas suas demais variáveis de *output*. Por exemplo, um hospital de maior complexidade pode dar um peso alto ao indicador SIPAC; porém, se um hospital de baixa complexidade também o fizer, a explicação para o p-virtual estaria na muito baixa produção assistencial por parte do mesmo. Finalmente, a dinâmica de valoração das variáveis por esses hospitais pode ser compreendida pela magnitude da alteração do índice após a introdução das restrições, ou seja, aqueles hospitais com maior queda no índice não tiveram uma segunda opção favorável entre as demais variáveis de *input* ou de *output*. Esse tipo de análise permite combinar a descrição de múltiplas variáveis para um mesmo hospital e a comparação de uma mesma variável para diferentes DMUs, o que pode ser útil para se decompor o *score* único de eficiência e se apreender os motivos que desencadearam o índice de eficiência observado.

**Tabela 4: Resultado dos Multiplicadores (p-virtual) COM e SEM restrições – Assistência.**

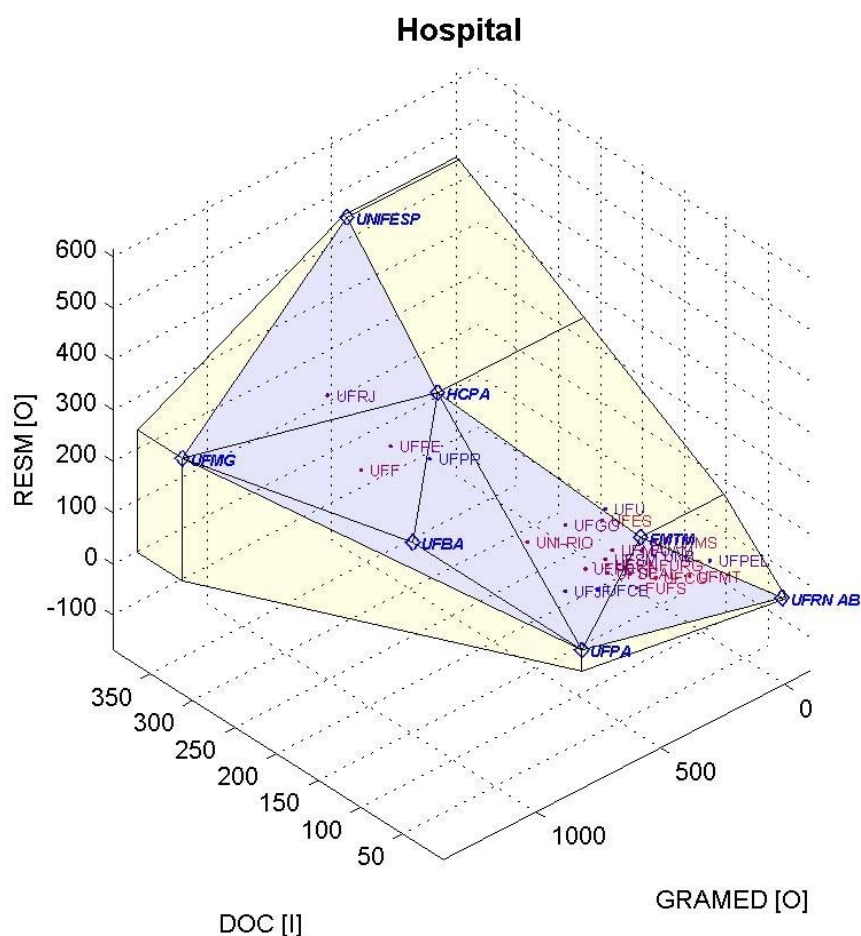
Variável Hospital	Eficiência		Peso com Restrições						
			Input			Output			
	Sem	Com	FNM	MED	RSUS	SIPAC	INT/L	CIR/S	CAMB/S
FMTM	0,95	0,8	0,6	0,2	0,2	0,46	0,2	0,2	0,14
FUAM	1	0,82	0,3	0,2	0,5	0,41	0,2	0,2	0,19
FUFMS	0,87	0,54	0,2	0,38	0,42	0,5	0,2	0,2	0,1
FUFS	1	0,7	0,3	0,2	0,5	0	0,39	0,31	0,3
FURG	0,96	0,93	0,3	0,2	0,5	0,3	0,28	0,2	0,22
HCPA	1	0,99	0,2	0,6	0,2	0,23	0,2	0,27	0,3
UFAL	1	1	0,6	0,2	0,2	0,37	0,2	0,2	0,23
UFBA	0,97	0,56	0,2	0,3	0,5	0,45	0,2	0,2	0,15
UFCE	1	0,69	0,6	0,2	0,2	0,38	0,2	0,2	0,22
UFCG	0,83	0,72	0,3	0,2	0,5	0	0,65	0,2	0,15
UFES	1	0,82	0,6	0,2	0,2	0,08	0,2	0,54	0,18
UFF	0,99	0,76	0,3	0,2	0,5	0,3	0,2	0,2	0,3
UFGO	0,88	0,73	0,6	0,2	0,2	0,39	0,2	0,2	0,21
UFJF	1	1	0,2	0,57	0,23	0	0,2	0,5	0,3
UFMA	1	0,89	0,6	0,2	0,2	0,27	0,2	0,23	0,3
UFMG	1	0,86	0,3	0,2	0,5	0,5	0,2	0,2	0,1
UFMT	0,82	0,77	0,2	0,3	0,5	0	0,46	0,41	0,13
UFPA	0,97	0,83	0,3	0,2	0,5	0	0,2	0,51	0,29
UFPB	0,58	0,51	0,3	0,2	0,5	0	0,23	0,52	0,26
UFPE	1	0,71	0,6	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	0,1
UFPEL	1	1	0,2	0,6	0,2	0	0,7	0,2	0,1
UFPR	0,99	0,81	0,2	0,3	0,5	0,5	0,2	0,2	0,1
UFRJ	1	0,79	0,3	0,2	0,5	0,3	0,2	0,2	0,3
UFRN AB	1	1	0,3	0,2	0,5	0	0,7	0,2	0,1
UFRN	0,95	0,74	0,3	0,2	0,5	0,44	0,2	0,2	0,16
UFSC	0,95	0,78	0,6	0,2	0,2	0,36	0,2	0,2	0,24
UFSM	1	1	0,3	0,2	0,5	0	0,2	0,7	0,1
UFU	1	1	0,2	0,6	0,2	0,47	0,2	0,23	0,1
UNB	1	1	0,3	0,2	0,5	0,5	0,2	0,2	0,1
UNIRIO	0,9	0,71	0,2	0,3	0,5	0,38	0,2	0,2	0,22
UNIFESP	1	1	0,2	0,6	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3

## **B.2) Dimensão Ensino:**

De acordo com a Figura 11, que representa o modelo clássico VRS, podem ser observadas sete unidades eficientes e uma maior densidade de atividades de ensino entre os hospitais de maior complexidade. De fato, a fronteira de ensino observada se assemelha àquela de assistência quando da introdução da variável SIPAC. Essa proximidade da imagem poderia representar uma correlação alta entre complexidade e carga de ensino desenvolvida nos hospitais, apesar dos modelos terem usado variáveis totalmente distintas.

Entretanto, três hospitais eficientes na dimensão de ensino não tiveram o mesmo resultado em relação à assistência (FMTM, que atribuiu 77% do peso virtual ao número de residentes; UFPA, que atribuiu 92% do peso virtual ao número de estudantes; UFBA, com igual distribuição de pesos virtuais entre as duas variáveis de *output*).

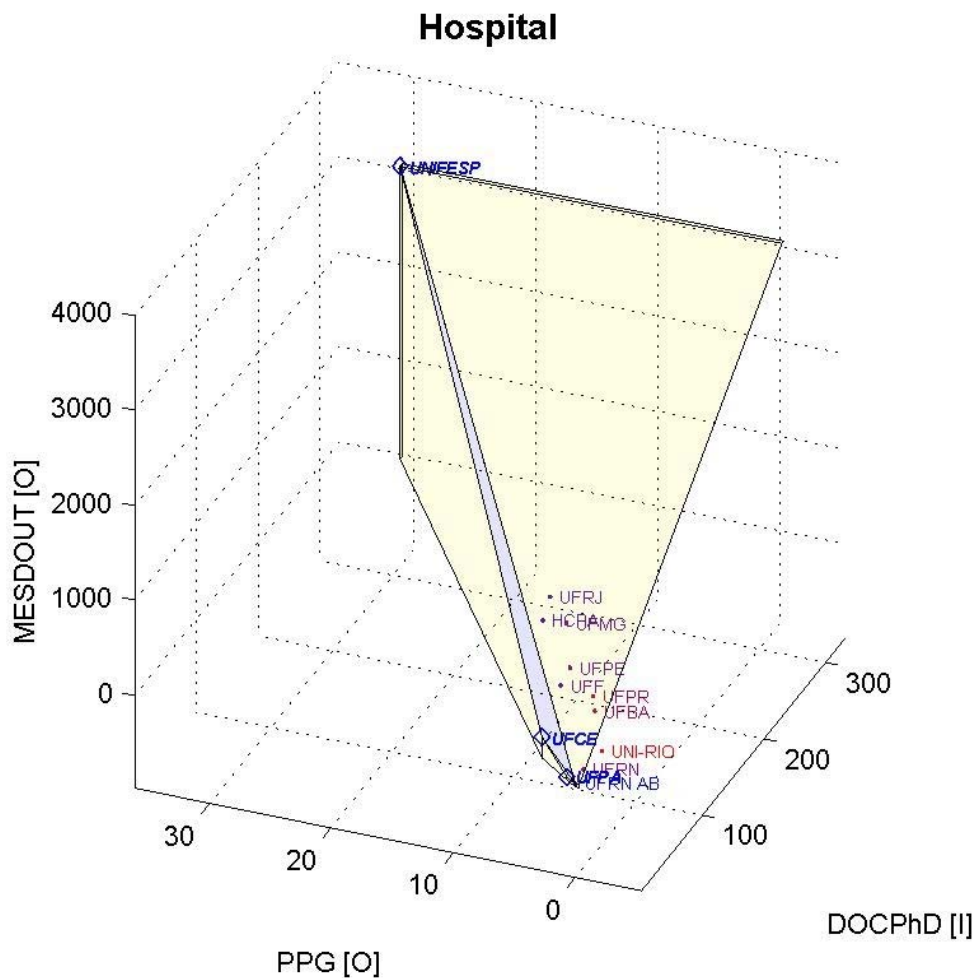
Para aprofundamento no modelo, duas categorias de restrição foram incorporadas. A primeira estipulou uma proporção mínima de peso virtual para ambos os *outputs* (30%), tendo reduzido a eficiência da UNIFESP para 82%, dado que a sua eficiência era quase integralmente influenciada pelo número de residentes (os internos recebem treinamento em outra unidade conveniada). A segunda correspondeu ao limite do valor do intercepto da fronteira (representado matematicamente pelo  $u_0$ ) que, dado o baixíssimo número de insumos da UFRN-AB, era extremamente deslocado no modelo sem restrições (a unidade conta com apenas um docente).



**Figura 11: Representação 3-D da Dimensão Ensino.**

### B.3) Dimensão Pesquisa:

A terceira dimensão (Figura 12) mostrou baixo volume de pesquisa informada para todas as unidades, exceto UNIFESP, e uma melhor discriminação entre as outras unidades poderia ser observada se o modelo desconsiderar o *outlier*. Vale colocar que a modelagem DEA considera a possibilidade de que os “outliers” não representem apenas desvios da média, mas possíveis *benchmarks* a serem estudados. Por outro lado, esses dados têm problemas de acurácia, visto que as universidades públicas têm o maior volume de pesquisas financiadas no país (o viés ocorre dado que as informações de produção científica e de pós-graduação estão atreladas aos departamentos acadêmicos e não aos hospitais). Devido à baixa validade, optou-se por não impor restrições aos pesos nessa dimensão devido ao risco de se aumentar o viés.



**Figura 12: Representação 3-D da Dimensão Pesquisa.**

**C) No terceiro Nível:**

A Tabela 5, nas três últimas colunas, mostra os *scores* de eficiência dos hospitais em cada dimensão. O Índice de Correlação (Spearman) entre as dimensões foi de: 0,34 para assistência e ensino; 0,30 para assistência e pesquisa; 0,49 para ensino e pesquisa. Essas diferentes distribuições de valores de eficiência para assistência, ensino e pesquisa denotam a necessidade de abordagem de todas as dimensões para que se tenha uma avaliação mais completa da eficiência do hospital. Nesse contexto, a Análise Envoltória de Dados é ferramenta útil pela capacidade de ajustar diferentes dimensões de indicadores em um único modelo.

Colocados os índices de cada dimensão como variável de *output* (modelagem sem *input*), com o mínimo de participação virtual definido em 20% (garantia de incorporação de todas as dimensões), obtém-se o modelo final, com o índice de eficiência observado na Tabela 5, em ordem decrescente. De acordo com a



distribuição proporcional do p-virtual, observa-se que os hospitais de ensino tendem a investir mais nas práticas de assistência e que maior concentração de atividades ensino e, principalmente, de pesquisa é observada nas unidades de maior complexidade.

#### **IV - Comentários sobre a Aplicação:**

A importância da abordagem de diferentes dimensões num modelo de hospitais de ensino foi evidenciada pela baixa correlação da distribuição dos respectivos escores.

A maior contribuição desse estudo consistiu no estabelecimento de um processo dialógico entre analista de PO e especialista em saúde, a partir de uma equipe multidisciplinar de pesquisadores, sendo posteriormente referendado um consenso numa oficina de especialistas. Uma vez que a modelagem matemática foi “traduzida” para a compreensão do diagnóstico de eficiência dos hospitais de ensino, o especialista engrandeceu a interpretação dos achados e identificou problemas da representação da realidade. Em continuidade, o analista trouxe ferramentas modernas para adequar o modelo às questões então levantadas. Nesse caso, destacaram-se: a introdução da restrição à participação virtual de pesos, a divisão da fronteira em uma parte com retornos constantes de escala (para hospitais menos complexos) e outra com retornos variáveis (para hospitais mais complexos), restrição aos valores do intercepto para afastar a eficiência de valores extremamente baixos de *inputs*<sup>43</sup>.

Finalmente, não se pode deixar de destacar a enorme contribuição da visualização da fronteira, não somente como ferramenta de identificação de variáveis relevantes, mas também para o estudo das mesmas unidades com distintas combinações de variáveis. Ou seja, a visualização da fronteira já permite prever alguns resultados a serem encontrados nos modelos clássicos (unidades eficientes, mesmo que em apenas uma figura 3-D, sempre aparecerão eficientes no modelo clássico final), sendo uma ferramenta importante para o estabelecimento do diálogo entre analista de PO e profissional de saúde.

---

<sup>43</sup> Este é um exemplo dos jogos de linguagem ou metáforas sugeridos por SOUZA e CONTANDRIOPOULOS (2004) para introdução do conhecimento acadêmico na prática da gestão de saúde pública: “peso de variáveis”, “partição da fronteira”, “limite de interceptos” passam a ser incorporados na linguagem do gestor.

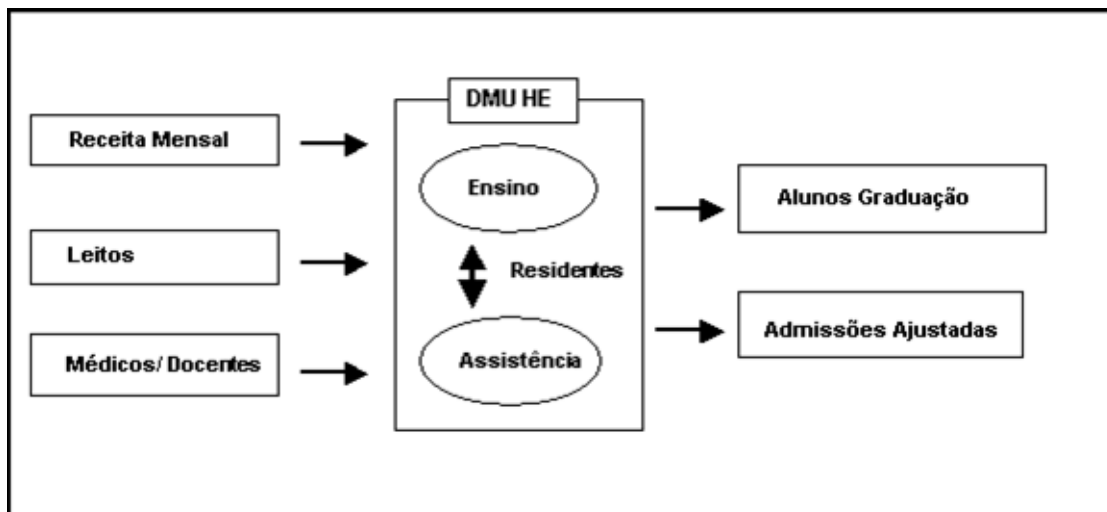
Tabela 5: Escore de Eficiência dos Hospitais de Ensino de acordo com as dimensões.

Hospital	Eficiência FINAL	p-virtual			Dimensão		
		Assistência	Ensino	Pesquisa	Assistência	Ensino	Pesquisa
HCPA	1	0,2	0,2	0,6	0,99	1	1
UFPA	0,98	0,2	0,2	0,6	0,83	1	1
UNIFESP	0,96	0,2	0,2	0,6	1	0,82	1
UFMG	0,94	0,2	0,6	0,2	0,86	1	0,83
UFCE	0,93	0,2	0,2	0,6	0,69	0,91	1
UFRJ	0,93	0,2	0,2	0,6	0,79	0,78	1
UFU	0,92	0,6	0,2	0,2	1	0,72	0,98
UNB	0,83	0,6	0,2	0,2	1	0,76	0
UFF	0,77	0,6	0,2	0,2	0,76	0,54	0,8
UFPR	0,76	0,2	0,6	0,2	0,81	0,99	0,42
UFPEL	0,75	0,6	0,2	0,2	1	0,52	0,43
UFPE	0,74	0,6	0,2	0,2	0,71	0,69	0,73
UFBA	0,73	0,2	0,6	0,2	0,56	1	0,45
UFSC	0,73	0,6	0,2	0,2	0,78	0,53	0,73
FMTM	0,73	0,2	0,6	0,2	0,8	0,9	0,42
UFJF	0,69	0,6	0,2	0,2	1	0,86	0,04
UFSM	0,65	0,6	0,2	0,2	1	0,7	0,05
UFMT	0,63	0,6	0,2	0,2	0,77	0,41	0,61
FUFS	0,62	0,6	0,2	0,2	0,7	0,44	0,36
UFMA	0,62	0,6	0,2	0,2	0,89	0,51	0,32
UFRN	0,62	0,6	0,2	0,2	0,74	0,43	0,53
UFES	0,6	0,6	0,2	0,2	0,82	0,48	0,35
FURG	0,58	0,6	0,2	0,2	0,93	0,38	0,13
UFAL	0,58	0,6	0,2	0,2	1	0,51	0,16
UFGO	0,54	0,6	0,2	0,2	0,73	0,7	0,25
FUFMS	0,52	0,6	0,2	0,2	0,54	0,55	0,25
UFPB	0,52	0,2	0,6	0,2	0,51	0,61	0,05
UFRN AB	0,36	0,2	0,6	0,2	1	0,81	0
FUAM	0,33	0,6	0,2	0,2	0,82	0,68	0
UNIRIO	0,31	0,6	0,2	0,2	0,71	0,45	0
UFMG	0,29	0,6	0,2	0,2	0,72	0,31	0

### 4.3.3) Modelos *NETWORK* DEA.<sup>44</sup>

#### I – Justificativa e Objetivos:

Sabe-se que, para aplicação de DEA na área da saúde, deve-se considerar um cenário sistêmico, complexo e repleto de conexões entre as dimensões e variáveis, que precisam ser bem compreendidas antes da modelagem propriamente dita. Na literatura DEA para hospitais de ensino, *inputs*, como leitos, receita e funcionários, geram *outputs*, como a produção assistencial ajustada, alunado e tecnologias, não sendo rotineiramente consideradas as relações que se dão entre estas mesmas variáveis no interior de cada DMU. Por este motivo, o modelo DEA tradicional tem sido chamado como o modelo agregado ou de “caixa preta”, conforme mostrado no Quadro 12, onde as variáveis aparecem indistintas, independentes das dimensões a que pertencem. No mesmo Quadro, variáveis que operam no interior da caixa preta nem aparecem no modelo, como é o caso dos residentes.



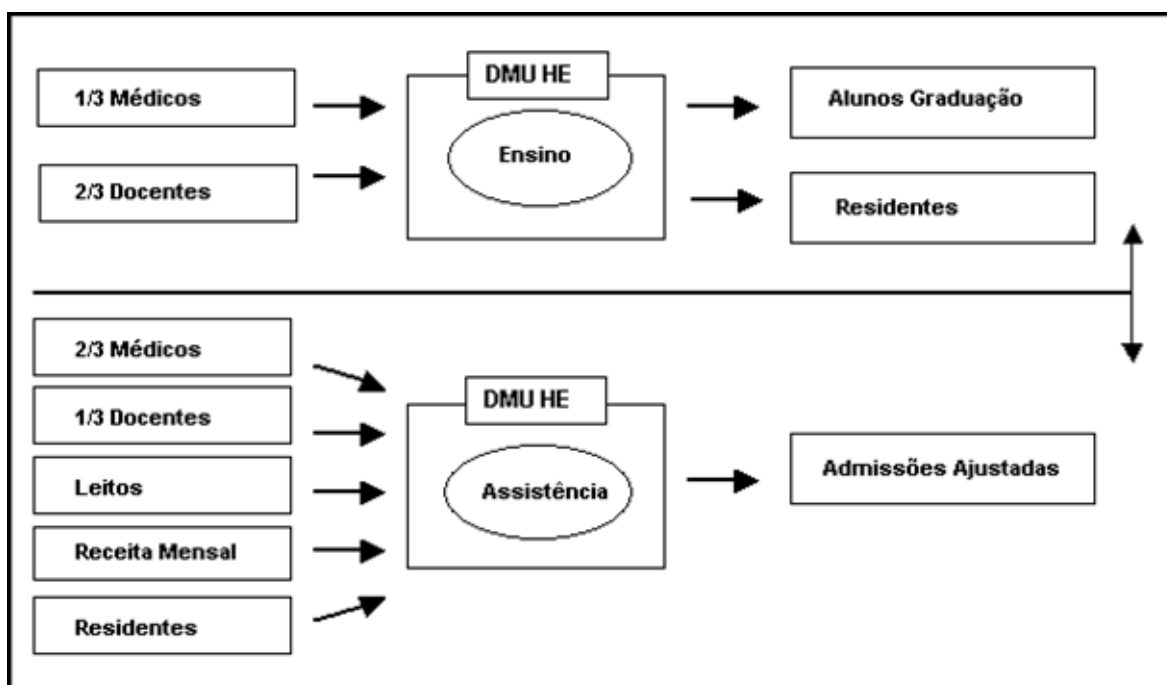
**Quadro 12: Modelo agregado para avaliação de hospitais de ensino** (adaptado de TONE & TSUTSUI, 2008).

Até o momento, a existência da multidimensionalidade encontrada nos hospitais de ensino foi tratada por avaliações de cada dimensão realizadas em separado, conforme pode ser visto no Quadro 13. Posteriormente, as dimensões foram comparadas de acordo com a eficiência relativa de cada dimensão (modelo em separado, em 4.3.1) ou unidas *a posteriori* (modelos hierárquicos, em 4.3.2). No entanto, existem variáveis presentes em mais de uma dimensão (como médicos e docentes, que compartilham ações de ensino e de assistência) e variáveis que funcionam como inputs para uma dimensão e como outputs para outra (caso dos

<sup>44</sup> Publicação aceita na Revista de Saúde Pública (Anexo II).

residentes, que são *inputs* para assistência e *outputs* para o ensino). Estas últimas peculiaridades não são abordadas pelos modelos em separado, o que pode prejudicar a validade e confiabilidade do modelo.

No Quadro 13, estão construídas duas fronteiras independentes, a de ensino (com 1/3 dos médicos e 2/3 dos docentes como *inputs*, e número de alunos de graduação e de residentes como *output*) e a de assistência (com os residentes, 2/3 dos médicos, 1/3 dos docentes, os leitos e a receita como *inputs*, e as internações ajustadas como *outputs*). Vale destacar que a escolha de 2/3 e 1/3 foi arbitrária, considerando maior volume de atividades de ensino entre docentes, e maior volume de tarefas assistenciais para os médicos, desde que ambos atuassem em ambas as dimensões.



**Quadro 13: Modelo separado para avaliação de hospitais de ensino** (adaptado de TONE & TSUTSUI, 2008).

Sistemas com dois ou mais processos conectados entre si, seja em série, ou em paralelo, formam redes (*networks*). O modelo *Network* consiste numa família de modelos DEA, com as restrições lineares para cada subprocesso ou dimensão analisada. *Network* DEA, ao desenhar fluxos de relação entre as variáveis, gera um escore de eficiência total, assim como um escore para cada dimensão ou processo que se desenvolve no interior de cada DMU (escore divisional).

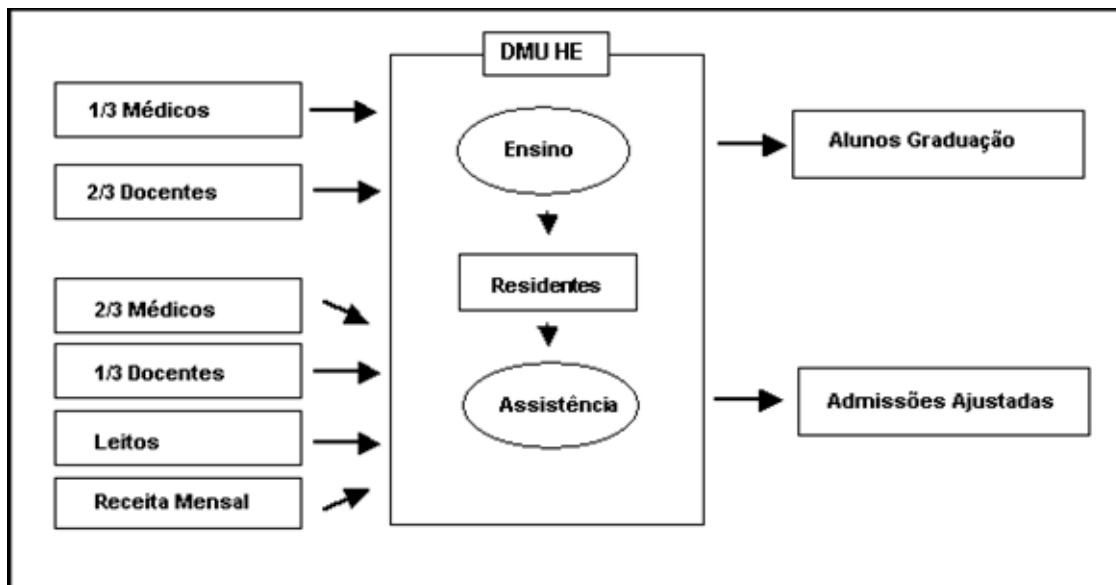
O trabalho seminal que investigou a influência dos processos existentes no interior da “Caixa Preta” é de Färe e Grosskopf (1996). Estes modelos foram aprimorados por Lewis & Sexton (2004), e tiveram importantes aplicações para

avaliação de setores da economia de países da OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2007). Como aplicação na saúde, vale citar o trabalho de Löthgren & Tambour (1999), que usaram o modelo para avaliação de farmácias suecas, considerando a produção e a satisfação dos usuários como processos complementares dentro de cada unidade. Mais recentemente, vale citar Tone & Tsutsui (2008), que propuseram o uso de medidas não radiais (SBM, “*slack-based measure*”), quando não se pretende como solução ótima a alteração equiproporcional de *inputs* e/ou de *outputs*, e Kao (2009), que formalizou o modelo a partir dos multiplicadores e inferiu algumas das propriedades dos sistemas ao considerar as relações em série e em paralelo entre as diferentes atividades do sistema.

## II – Procedimento de Modelagem:

A presente abordagem explora a tecnologia *Network* DEA no universo dos hospitais de ensino, como possível ferramenta de subsídio à tomada de decisões na Política de Reestruturação de Hospitais de Ensino. Com os dados do segundo semestre de 2003, referentes ao universo dos 30 hospitais universitários gerais do MEC, foi desenvolvido o modelo que considera (Quadro 14): duas dimensões (ensino e assistência), quatro *inputs* externos, desdobrados em seis (receita mensal e número de leitos para assistência; 2/3 dos médicos para assistência e 1/3 para ensino; 1/3 dos docentes para assistência e 2/3 para ensino), um *input/output* intermediário (residentes), dois *outputs* finais (internações, ajustadas por complexidade, conforme metodologia usada nos modelos anteriores; alunos de graduação em medicina). A dimensão de pesquisa não foi considerada neste modelo devido à baixa confiabilidade dos dados daquele período (conforme já assinalado no modelo hierárquico).

O modelo *Network* escolhido considerou retornos variáveis de escala (VRS), dada a variação de porte destes hospitais, e foi orientado a *output*, devido à necessidade de melhoria de gestão de recursos, além da baixa governabilidade dos respectivos gestores sobre os recursos humanos das suas unidades (*inputs*). As dimensões de assistência e ensino tiveram pesos semelhantes no modelo. Ainda no modelo, a variável de ligação entre as dimensões (residentes) foi tratada como discricionária (“*free link value*”, de acordo com Tone & Tsutsui). O software utilizado foi o DEA Solver Pro (Professional Version 6.0).



**Quadro 14: Modelo NETWORK para avaliação de Hospitais de Ensino (HE).**

### III - Resultados encontrados:

A Tabela 6 mostra os valores médios, mínimos e máximos, e desvio padrão das variáveis de *input* (I) e de *output* (O) de cada dimensão considerada no modelo. Conforme já assinalado nas outras abordagens, percebe-se que os hospitais universitários do MEC têm grande variação de porte e de escala, o que deve ser considerado quando da comparação das unidades semelhantes e da identificação dos *benchmarks*.

<b>Tabela 6: Estatística Descritiva das Variáveis do Modelo Network DEA.</b>					
<b>Dimensão</b>	<b>Variável (I/O)</b>	<b>Média</b>	<b>Máximo</b>	<b>Minimo</b>	<b>DP</b>
<b>Ensino</b>	Médicos (I)	87	256	21	50
	Docentes (I)	94	260	23	65
	Alunos de Graduação (O)	474	1.280	156	240
	Residentes (O)	112	449	20	95
<b>Assistênci</b>	Residentes (I)	112	449	20	95
	Médicos (I)	173	512	42	101
	Docentes (I)	47	130	11	33
	Leitos (I)	290	743	56	166
	Receita * 106 (I)	1,82	10,24	0,19	2,03
	Internações ajustadas (O)	23.446	237.887	237	43.673

A Tabela 7 mostra os escores de eficiência dos hospitais de acordo com os diferentes modelos: a) Caixa Preta (CP); b) Separado: ensino puro e assistência pura; c) Network DEA. No modelo CP, dez DMUs foram consideradas eficientes e a média

dos escores foi igual a 0,78 (ou 78%). Nos modelos em separado, as médias foram de 0,75 e 0,74, com nove e dez unidades eficientes nas fronteiras de ensino e de assistência, respectivamente.

De acordo com o modelo *Network* DEA, uma DMU só será eficiente caso tenha escore de 100% em todas as dimensões avaliadas. Em sendo um modelo com retornos variáveis de escala, também se espera que cada dimensão tenha pelo menos uma DMU eficiente (o que não ocorre com retornos constantes de escala). No modelo *Network*, a média de eficiência foi igual a 0,54 e o valor mínimo foi de 0,19, justamente para uma unidade hospitalar que privilegia a presença de residentes e transfere os alunos (*output* de ensino), para outros hospitais consorciados. Apenas duas unidades foram eficientes simultaneamente nas dimensões analisadas, ambas com menos de 150 leitos e que trabalham com baixo volume de recursos (portanto, menor consumo de *inputs*).

Visto que *Network* DEA avalia a eficiência relativa de cada dimensão e analisa a correspondência entre as mesmas, um aspecto digno de nota foi o fato de que todas as unidades conseguiram manter a eficiência na dimensão assistência, mesmo que a expensas da dimensão de ensino. Ou seja, a eficiência relativa para a dimensão assistência foi de 100% para todas as unidades, enquanto as eficiências relativas do ensino variaram de 0,11 a 1,00 (11 a 100%), com média de 0,39 (39%). Um cenário alternativo atribuindo peso de 70% à dimensão de ensino foi testado, mas não foram encontradas diferenças significativas nos resultados.

A Tabela 7 também mostra os *benchmarks* para os hospitais de acordo com cada dimensão. Para a dimensão de ensino, foram destacadas aquelas unidades que trabalham com baixos *inputs*, no caso, menor volume de recursos humanos. Esse aspecto precisa ser melhor explorado para os hospitais de maior porte, que ainda incluem atividades de pesquisa na sua agenda de trabalho, tanto de docentes como de médicos. Se considerados os oito hospitais com mais de 300 leitos, destaca-se com o maior escore de ensino o hospital universitário da UFMG (igual a 0,49). Já os *benchmarks* da dimensão de assistência definem hospitais de maior proximidade em porte e missão institucional.

**Tabela 7: Escores de Eficiência para os modelos Caixa Preta (CP), Separados e Network DEA, com *benchmarks*.**

Modelo Hospital	Caixa Preta	Ensino Separado	Assistência Separado	Escore Network DEA			Benchmarks Network	
				Geral	Ensino	Assistência	Ensino	Assistência
FMTM	0,76	1,00	0,76	0,46	0,30	1,00	UFJF, UFPA	UFJF, UFRJ, UNIFESP
FUAM	0,48	0,78	0,35	0,51	0,35	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFBA, UFPA, UFRJ, UNIFESP
FUFMS	0,35	0,67	0,29	0,41	0,26	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFRJ, UNIFESP
FUFS	1,00	0,52	1,00	0,81	0,69	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFJF
FURG	0,48	0,43	0,81	0,52	0,35	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, HCPA, UFBA
HCPA	0,76	1,00	0,60	0,41	0,26	1,00	UFJF, UFPA	HCPA, UFMA
UFAL	0,64	0,52	0,52	0,52	0,35	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFJF, UFRJ, UNIFESP
UFBA	1,00	1,00	0,78	0,78	0,63	1,00	UFJF, UFPA	UFBA
UFCE	1,00	0,91	0,91	0,62	0,45	1,00	UFJF, UFPA	HCPA, UFMA, UFRJ, UNIFESP
UFCEG	0,66	0,34	1,00	0,49	0,32	1,00	UFJF, UFPA	UFJF
UFES	0,64	0,49	0,65	0,31	0,18	1,00	UFJF, UFPA	HCPA, UFJF, UFRJ
UFF	0,81	0,57	0,65	0,51	0,34	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFPEL
UFGO	0,60	0,70	0,46	0,45	0,29	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFBA, UFRJ, UNB, UNIFESP
UFJF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	UFJF	UFJF
UFMA	0,56	0,51	1,00	0,29	0,17	1,00	UFJF, UFPA	UFPR, UFRJ
UFMG	1,00	1,00	0,51	0,66	0,49	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFPEL
UFMT	1,00	1,00	1,00	0,60	0,43	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFJF, UFPE, UNIFESP
UFPA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	UFPA	FMTM, UFRJ
UFPB	0,77	0,61	0,30	0,57	0,40	1,00	UFJF, UFPA	UFJF
UFPE	0,70	0,81	0,53	0,50	0,33	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFJF, UFPEL
UFPEL	1,00	1,00	1,00	0,53	0,36	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, HCPA, UFJF, UFPE, UNIFESP
UFPR	0,85	0,99	0,64	0,48	0,31	1,00	UFJF, UFPA	UFPR, UFRJ, UNIFESP
UFRJ	0,85	0,78	0,80	0,38	0,24	1,00	UFJF, UFPA	UFBA, UFPEL
UFRN	0,78	0,44	0,85	0,52	0,35	1,00	UFJF, UFPA	UFJF
UFSC	0,58	0,53	0,54	0,50	0,34	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFPA, UFPB
UFSM	0,60	0,74	0,37	0,60	0,43	1,00	UFJF, UFPA	UFMA, UFRJ, UNIFESP
UFU	0,80	0,80	0,85	0,39	0,24	1,00	UFJF, UFPA	UFMA, UFMG, UNIFESP
UNB	1,00	0,80	1,00	0,41	0,26	1,00	UFJF, UFPA	FMTM, UFRJ, UNIFESP
UNI-RIO	0,84	0,66	1,00	0,66	0,49	1,00	UFJF, UFPA	UFJF
UNIFESP	1,00	1,00	1,00	0,19	0,11	1,00	UFJF, UFPA	UNIFESP

A Tabela 8 mostra a diferença entre o valor projetado na fronteira e o valor observado de cada variável do modelo, para cada hospital. Note-se que os valores das unidades eficientes mais próximas aos pontos projetados definirão os *benchmarks* mostrados na Tabela 7. Para a dimensão de ensino, há excesso de 261 ou 9% dos docentes, embora estes tenham outras atividades de pesquisa, como já assinalado. Não há excesso de médicos e o número de alunos de graduação poderia ser aumentado em cerca de 200% (do quarto ao último período, os alunos de medicina somavam 14.206). A necessidade de incremento do alunado foi mantida mesmo quando rodado um modelo apenas com os docentes, na sua totalidade, como variável de *input* representativa de recursos humanos.

Na dimensão de assistência, todos os hospitais poderiam sofrer reduções de *inputs* para atingir melhoria da eficiência. Retomando a lógica de Pareto-Koopmans (detalhe no Anexo I), mesmo para as unidades com escore de 100%, se for possível reduzir *inputs* sem a necessidade de aumentar algum outro *input*, a unidade não é considerada Pareto-eficiente, ou seja, sua projeção se dá em área geométrica da fronteira paralela ao eixo de alguma das variáveis. Em termos práticos, as eficiências



divisionais seriam mantidas mesmo com a redução de 27% dos médicos, 13% dos docentes, 20% dos leitos e 8% da receita.

Finalmente, no tocante às alterações necessárias na variável de ligação entre as dimensões, a dos residentes, apenas três hospitais não deveriam alterar o número (UFJF, UFBA, UFPA), 9 deles deveriam reduzi-lo (FMTM, FUAM, HCPA, UFCE, UFPEL, UFPR, UFU, UNB e UNIFESP); os demais deveriam aumentá-lo. O somatório da necessidade de aumento dos residentes, considerados todos os hospitais, foi de 488 ou 14% do total de residentes presentes nestas unidades.

**Tabela 8: Diferença entre Valores Projetados na Fronteira e Valores Observados.**

Dimensão	Ensino			Ensino/ Assistência	Assistência			
	Médicos	Docentes	Alunos		Residentes	Médicos	Docentes	Leitos
FMTM	0	0	798	-46	-88	0	-99	29,85
FUAM	0	0	586	-3	0	0	0	36,53
FUFMS	0	0	665	11	-19	0	-158	33,47
FUFS	0	-28	161	4	-63	-13	0	15,65
FURG	0	0	490	44	0	0	-3	20,54
HCPA	0	0	1.710	-58	0	-13	-74	-735.562,37
UFAL	0	0	651	34	-29	0	0	6,47
UFBA	0	-5	537	0	0	0	0	27,18
UFCE	0	0	651	-8	-121	0	-93	-24,23
UFCEG	0	-15	547	39	-89	-6	-37	27,34
UFES	0	0	1.295	54	-117	0	-30	27,04
UFF	0	-89	1.333	70	-119	-47	0	40,93
UFGO	0	0	1.090	19	0	0	0	37,07
UFJF	0	0	0	0	0	0	0	-11,86
UFMA	0	0	1.633	52	-188	0	-204	-1.233.354,75
UFMG	0	-28	1.328	57	-23	-44	0	25,18
UFMT	0	0	275	19	0	0	-15	-41,25
UFPA	0	0	0	0	-71	0	-205	-76.289,78
UFPB	0	-20	712	12	-147	-7	-127	-43,14
UFPE	0	-31	1.330	54	0	-15	0	32,86
UFPEL	0	0	281	-18	0	0	0	-38,79
UFPR	0	0	1.600	-22	-26	0	-130	20,92
UFRJ	0	-6	2.361	87	-55	-6	0	24,34
UFRN	0	-10	672	52	-79	-3	-21	39,30
UFSC	0	0	799	43	-7	0	0	-37,78
UFSM	0	0	562	10	0	0	-104	-6.311,42
UFU	0	0	1.011	-10	0	0	-217	-1.134.767,48
UNB	0	0	857	-15	-98	0	-158	37,28
UNI-RIO	0	-30	492	66	-12	-15	-4	23,54
UNIFESP	0	0	3.788	-58	-66	-17	-96	-1.323.034,99
TOTAL	0	-261	28.216	488	-1.417	-186	-1.777	-4.509.012,35

#### IV - Comentários sobre a Aplicação:

Se a Análise Envoltória de Dados permite unir múltiplos *inputs* e *outputs* na avaliação da eficiência de unidades autônomas, aperfeiçoando a tradicional análise comparativa das razões que contam com apenas um numerador (de produção) e somente um denominador (de recurso), o modelo *Network* DEA aumenta o seu poder discriminatório dado que gera um escore para a eficiência total da unidade, outro para

cada dimensão e ainda mede a influência das variáveis de ligação entre as dimensões analisadas.

Esta perspectiva é particularmente útil nos estudos de desempenho aplicados à área da saúde, onde cada unidade de análise pode ser vista como um sistema aberto, composto por muitas partes que se inter-relacionam, além de sofrer a influência dinâmica de variáveis conjunturais e externas. No tocante aos hospitais universitários, assistência, ensino e pesquisa se constituem em dimensões presentes e interagentes na missão de cada um, mas a regulação de cada grupo de atividades se dá por órgãos governamentais distintos. Frequentemente, fica sob a responsabilidade do gestor da unidade a árdua tarefa de articulação entre as dimensões que, por vezes, se dá de forma conflituosa. Nesse contexto, a articulação docente-assistencial é algumas vezes apontada como um nó crítico para a sustentabilidade organizacional da instituição (MACHADO SP & KUCHENBECKER, 2007). Dentro da lógica de financiamento a partir do Fundo Nacional de Saúde, se a gestão assistencial dos hospitais universitários costuma estar voltada para atender à demanda do sistema de saúde hierarquizado em que o hospital oferta os cuidados de maior complexidade, a gestão de ensino ainda privilegia o ensino predominantemente intra-hospitalar e não necessariamente voltado para as doenças prevalentes do entorno (SOUZA CAMPOS, 1999).

A presente abordagem buscou explorar um componente da relação docente-assistencial na avaliação do desempenho dos hospitais de ensino. Na literatura internacional, residentes são inseridos ora como *inputs*, ora como *outputs*, sem distinção, justamente por representarem um elo de ligação entre as dimensões de ensino e de assistência. O modelo quantitativo de *Network DEA* permitiu abordar este processo de ligação.

De acordo com os escores dimensionais encontrados, percebe-se que os hospitais universitários apostaram na garantia de eficiência da assistência, dado que é a dimensão que origina e garante os recursos para custeio dos hospitais, mediante a receita mensal proveniente do Ministério da Saúde. A ênfase na assistência foi mantida mesmo quando o peso dessa dimensão caiu para 30% (*versus* ensino, 70%). Note-se que esse aspecto não poderia ter sido observado pelo modelo em separado das dimensões.

No tocante à dimensão de ensino, a possibilidade de dobrar o atual número de alunos parece ser o grande nó detectado para justificar as baixas eficiências encontradas. Naturalmente, esta medida deve ser analisada com cautela, de acordo com a demanda pela introdução de novos médicos no mercado de trabalho, mas

assinalando-se que ainda há espaço para receber esses alunos nos hospitais universitários, antes da abertura de novos cursos de medicina.

Ainda para o ensino, o modelo tendeu a privilegiar, com maiores escores, aquelas unidades consideradas mais “enxutas”, que trabalham com baixos recursos. Esta pode ser considerada uma limitação do modelo que precisa ser tratada. Hospitais de maior porte e complexidade desenvolvem outras atividades, de pesquisa e de avaliação tecnológica, que precisam ser exploradas. Mesmo na ausência de informações referentes à pesquisa, a modelagem poderia incluir algumas restrições aos pesos que reduzissem esse viés potencial. Da mesma forma, a escolha do volume de trabalho despendido nas dimensões por docentes e médicos foi arbitrária, e alguma análise de sensibilidade poderia ser introduzida para sugerir uma distribuição ideal de cargas horárias. Neste trabalho, somente foi observado que a distribuição proposta não mostrou alteração quando comparada ao modelo em que 100% dos docentes trabalhavam apenas com ensino, e 100% dos médicos trabalhavam somente com assistência (mesmo com a redução do número de variáveis, não houve mudança significativa do poder discriminatório do modelo).

Finalmente, o modelo também sinalizou quais as mudanças necessárias para otimizar o número de residentes, enquanto uma variável estratégica da relação docente-assistencial dentro de cada unidade. Se, para o ensino, quanto maior o número de residentes, maior a produção do hospital de ensino; para a assistência, o acréscimo deste *input*, a partir de um determinado valor, pode gerar queda da eficiência da unidade, por meio do fenômeno já citado (em 3.2.1), de congestão (GROSSKOPF *et al.*, 2001). O modelo permite equacionar a questão do número de residentes, constituindo-se em mais uma ferramenta para o gestor da unidade. Esta informação também é particularmente útil para o órgão regulador dos programas de residência médica, no caso, o Ministério da Educação, que calcula a necessidade de vagas e libera as bolsas de residência médica para os hospitais universitários. O mesmo modelo pode também considerar as diferentes especialidades médicas para auxiliar a tomada de decisões.

#### **4.4) Estudo do Impacto da Reforma de Financiamento.** <sup>45</sup>

##### **I – Justificativa e Objetivos:**

Desde a implantação da reforma de financiamento, em 2004, ainda persiste o debate sobre o conjunto das causas responsáveis pelo estabelecimento da crise dos hospitais de ensino. Considerando-se que uma das principais razões para a reforma de financiamento consistiu na necessidade de redução das ineficiências da atenção de saúde prestada pelos hospitais de ensino, o objetivo do estudo consistiu em avaliar o impacto da referida reforma na produtividade e eficiência desses hospitais. Buscou-se também diferenciar o componente tecnológico da mudança de mecanismo de transferência de recursos, enquanto instrumento de política pública nacional, daquele inerente à própria capacidade de cada unidade para gerenciar a nova forma de alocação financeira. Como potencial ferramenta de apoio, o Índice Malmquist baseado em DEA permitiu gerar um escore de eficiência para cada hospital universitário, antes e após a reforma, estabelecer *benchmarks* e, finalmente, diferenciar os ganhos de eficiência que se deram pelo aumento do aporte financeiro (face à crise de financiamento) daqueles oriundos da mudança de modelo de gestão (face à crise de gestão de recursos). A carga de ensino nos hospitais eficientes e ineficientes foi também comparada.

##### **II – Procedimento de Modelagem:**

###### **A) Dados e Modelo DEA:**

Aos dados referentes aos 30 hospitais gerais do MEC provenientes do Sistema de Informação dos Hospitais Universitários Federais do Ministério da Educação (SIHUF/MEC), e relativos ao segundo semestre de 2003, foram acrescentados os dados do segundo semestre de 2006, conformando, portanto, um período antes e outro depois da reforma por contratualização.

O modelo DEA seguiu o esquema de variáveis sugerido por Ozcan (1993, 2008): funcionários médicos e não médicos (equivalentes em tempo integral),

---

<sup>45</sup> Trabalho apresentado no XL Simpósio da Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional/SBPO, João Pessoa, setembro, 2008; no XIV Latin Ibero-American Congress of Operations Research/CLAIO, Cartagena/ Colômbia, setembro, 2008. Publicado na *Revista de Saúde Pública*, 2009 (ver Anexo II). Em colaboração com professor Yasar Ozcan, Virginia Commonwealth University, o trabalho sofreu algumas adaptações para o público da PO e foi divulgado no periódico: *Central European Journal of Operations Research*. Esta seção da tese procura mesclar os dois artigos. DOI 10.1007/s10100-009-0097-z

despesas operacionais, leitos e *mix* de serviços, como *inputs*, e a produção – ambulatorial, cirurgias, admissões - ajustada por gravidade, como *outputs*. O ajuste considerou o índice SIPAC, conforme descrito anteriormente. Para comparar a carga de ensino dos hospitais, foram usados os seguintes indicadores, citados por Grosskopf et al (2004): intensidade de ensino (relação: residentes/leitos) e dedicação de ensino (relação: residentes/médicos).

### B) Índice de Malmquist:

O índice de Malmquist foi introduzido por Caves *et al.* (1982), inspirados no trabalho de Malmquist (1953), com o objetivo de medir a variação da produtividade em períodos distintos de tempo. Quando se comparam dois períodos de tempo, observam-se duas fronteiras distintas: a do período inicial (t) e a do período final (t + 1). Portanto, é possível obter índices de desempenho de acordo com a tecnologia de referência (fronteira) assumida (antes e depois).

O método de Malmquist-DEA, proposto por Färe *et al.* (1994), tem sido o mais amplamente aplicado para o cálculo da medida. O método aplica o algoritmo de programação linear de DEA para construção da fronteira de produção em ambos os períodos analisados e considera a distância de cada hospital ou DMU considerada ( $DMU_0$ ), nos dois períodos, e às duas fronteiras distintas. O índice de Malmquist-DEA ( $M_0$ ) é calculado através da média geométrica de dois índices, onde o primeiro utiliza como referência a fronteira do período t e o segundo a fronteira do período t+1.

O índice de Malmquist orientado a *input* é dado por:

$$M_0 = \left[ \frac{D_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_0^t(x_0^t, y_0^t)} \frac{D_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)} \right]^{1/2}$$

Onde:

$D_0^t(x_0^t, y_0^t)$  : corresponde à medida de eficiência técnica da  $DMU_0$  no período t, obtida com as observações de todas as DMUs no período t, ou seja,  $D_0^t(x_0^t, y_0^t) = \theta_0^t$ ,

$D_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$  : corresponde à medida de eficiência técnica da  $DMU_0$  no período t+1, obtida com as observações de todas as DMUs no período t+1, ou seja,  $D_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) = \theta_0^{t+1}$ ,

$D_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$  : corresponde à medida de eficiência técnica da  $DMU_0$  obtida ao substituir os dados da  $DMU_0$  no período t por aqueles do período t+1, desde que as observações das demais DMUs tenham sido realizadas no período t,

$D_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)$  : corresponde à medida de eficiência técnica da DMU<sub>0</sub> obtida ao substituir os dados da DMU<sub>0</sub> no período t+1 por aqueles do período t, desde que as observações das demais DMUs tenham sido realizadas no período t+1.

Em sua forma decomposta, o índice de Malmquist permite separar as fontes de variação de produtividade em dois termos:

$$M_o(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \frac{d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^t(x_t, y_t)} * \left[ \left( \frac{d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \right) * \left( \frac{d_o^t(x_t, y_t)}{d_o^{t+1}(x_t, y_t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Nesta decomposição, a razão fora dos parênteses mede a mudança na eficiência relativa da unidade observada e é chamada de “mudança técnica” (*Catch-Up*). Esta razão verifica se a produção da unidade está se aproximando ou se afastando da fronteira. Enquanto isso, a média geométrica das duas razões dentro dos parênteses mede a mudança da fronteira tecnológica entre os dois períodos avaliados, t e t+1, e é chamada de “mudança na eficiência tecnológica” (*Frontier Shift*). Estes índices parciais são importantes porque permitem verificar se um eventual aumento da eficiência relativa de um período para o outro deve ser atribuído ao aumento da produtividade da unidade avaliada ou à contração da fronteira de produção.

No presente estudo, a mudança técnica (*Catch-Up*) representa a mudança de eficiência decorrente da maior injeção de recursos financeiros (razão entre o escore de eficiência em 2006 e em 2003, independentemente do comportamento da fronteira), enquanto a alteração tecnológica é diretamente decorrente do deslocamento da fronteira (*Frontier Shift*), no caso, a partir da introdução um novo modelo de gestão. Os termos do índice, portanto, guardam uma equivalência de discurso entre a formulação matemática e a visão dos atores da reforma, quais sejam:

- No discurso dos diretores de unidade, que enfatizam a crise de financiamento como a origem da crise, teríamos: “Se houver injeção de dinheiro, a crise será saneada”. Ou, “basta aumentar este *input* para que eu atinja a fronteira de eficiência”.
- Já para os gestores responsáveis pelo financiamento, que buscam o enfrentamento da crise de gestão: “Não adianta apenas aumentar o volume financeiro se não forem solucionadas as deficiências de capacidade na administração dos recursos”. Ou, “na verdade, as duas fronteiras devem ser comparadas para que se observe a mudança decorrente da nova tecnologia de gestão”.

O modelo DEA utilizado foi o CRS, com orientação a *input*. Como o software usado (DEA Frontier, de Joe Zhu) utiliza a fórmula invertida para numerador e denominador, um valor de  $M_o$ , ou de seus componentes, menor que 1 indica um

crescimento ou evolução da produtividade total dos fatores (PTF) entre os períodos  $t$  e  $t+1$ , enquanto que um valor maior que 1 indica um declínio.

### III - Resultados Encontrados:

**A) Mudanças de Produtividade e Índice de Malmquist:** Com a reforma do financiamento, a receita dos hospitais de ensino proveniente do SUS passou a incorporar: os valores contratualizados de média complexidade, os produzidos de alta complexidade, além de valores de incentivo (como os de contratualização, de inserção no sistema de emergência, oferta de UTI, entre outros). Isso implicou num incremento médio de receita em 51% (Tabela 9), sem que ocorresse para esses hospitais aumento concomitante do número de internações e cirurgias ajustadas (queda de 6% e 4%, respectivamente), mas havendo acréscimo das consultas de pacientes externos (44%). Vale ressaltar que as demais variáveis de *input*, como o número de leitos e de funcionários, e *mix* de serviços, não sofreram mudanças significativas no período.

Somente quatro hospitais não tiveram aumento observado na receita SUS após a reforma (FUAM, UFAL, UFCG, UNIFESP) e nenhum deles teve queda importante nos seus escores de eficiência (ver Tabela 10, a seguir). Por exemplo, UNIFESP manteve-se eficiente, FUAM e UFAL tiveram importante aumento no escore de eficiência, enquanto UFCG manteve praticamente o mesmo escore.

Considerando todos os hospitais, o incremento em consultas a pacientes externos (incluindo novas modalidades de assistência, como internação domiciliar, cirurgias ambulatoriais e hospitais-dia) foi um fator importante para a definição do escore da eficiência após a reforma (90%, ou 27 hospitais, tiveram acréscimo na média mensal das consultas ambulatoriais); por outro lado, 53% e 60% dos hospitais e ensino aumentaram admissões e cirurgias, respectivamente.

A média do escore de eficiência para todos os hospitais aumentou de 58.6% para 67.3% (desvio-padrão de 30 e 33%, respectivamente). A Tabela 10 mostra o escore de eficiência de cada hospital em 2003 e 2006, além dos valores do Índice de Malmquist e seus componentes, *catch-up* e *frontier shift* (valores menores que 1,0 significam progressão).

**Tabela 9: Variação da Receita SUS e da Produção Assistencial dos HUs/MEC antes e depois da assinatura de contratos de metas. Fonte:SIHUF**

Hospital	Receita SUS 2003 2003 (x 10 <sup>6</sup> )	Receita SUS 2006 2006 (x 10 <sup>6</sup> )	Diferença % Receita	Diferença % Cirurgias	Diferença % Admissões	Diferença % Consultas
FMTM	1,54	2,31	49,0%	-7,0%	51,0%	36,0%
FUAM	0,71	0,53	-26,0%	0,0%	-14,0%	4,0%
FUFMS	1,03	1,37	33,0%	33,0%	1,0%	15,0%
FUFS	0,19	0,35	87,0%	133,0%	143,0%	162,0%
FURG	0,54	0,76	40,0%	-28,0%	-2,0%	211,0%
HCPA	5,35	6,65	24,0%	10,0%	2,0%	40,0%
UFAL	1,01	0,96	-6,0%	4,0%	-15,0%	9,0%
UFBA	0,95	1,89	100,0%	24,0%	24,0%	5,0%
UFCE	1,43	3,36	136,0%	-21,0%	0,0%	10,0%
UFCEG	0,33	0,33	-2,0%	0,0%	-41,0%	7,0%
UFES	1,31	1,52	16,0%	-11,0%	-3,0%	-15,0%
UFF	1,47	1,92	30,0%	-5,0%	6,0%	75,0%
UFGO	2,02	2,60	29,0%	23,0%	10,0%	89,0%
UFJF	0,45	0,65	45,0%	120,0%	84,0%	134,0%
UFMA	3,03	4,42	46,0%	15,0%	11,0%	72,0%
UFMG	3,74	4,81	29,0%	8,0%	-2,0%	44,0%
UFMT	0,51	0,92	80,0%	76,0%	52,0%	167,0%
UFPA	0,52	1,72	229,0%	110,0%	71,0%	192,0%
UFPB	0,43	0,78	80,0%	18,0%	39,0%	70,0%
UFPE	1,48	2,19	48,0%	-2,0%	9,0%	81,0%
UFPEL	0,81	1,24	54,0%	-11,0%	-23,0%	17,0%
UFPR	3,62	5,65	56,0%	10,0%	14,0%	69,0%
UFRJ	2,42	3,98	65,0%	-28,0%	-10,0%	4,0%
UFRN	0,53	0,98	86,0%	-20,0%	-15,0%	-12,0%
UFSC	1,09	1,98	81,0%	0,0%	17,0%	121,0%
UFSM	1,90	2,62	38,0%	6,0%	19,0%	104,0%
UFU	3,95	4,85	23,0%	-20,0%	-11,0%	72,0%
UNB	1,25	1,92	54,0%	-27,0%	-61,0%	-1,0%
UNIRIO	0,67	0,74	10,0%	20,0%	-11,0%	3,0%
UNIFESP	10,24	9,80	-4,0%	-33,0%	-10,0%	39,0%
<b>MÉDIA</b>	<b>1,82</b>	<b>2,46</b>	<b>51,0%</b>	<b>-6,0%</b>	<b>-4,0%</b>	<b>44,0%</b>

Em 2003, somente cinco hospitais se encontravam na fronteira de eficiência (HCPA, UFRJ, UFU, UNB, UNIFESP); entretanto, em 2006, este número aumentou para 10 (FMTM, FUAM, HCPA, UFGO, UFMG, UFPE, UFPR, UFRJ, UFU, UNIFESP). Somente seis hospitais tiveram queda dos seus respectivos escores. Entre eles, o da UNB, único hospital que perdeu seu lugar na fronteira, reduziu todas as suas variáveis de *output*, apesar de ter aumentado a receita em 50%. Por outro lado, os seis hospitais que alcançaram a fronteira após a reforma aumentaram as consultas ambulatoriais de 4% a 89%, e nenhum reduziu admissões e cirurgias simultaneamente.

Apesar do ganho no componente de eficiência técnica, o Índice de Malmquist regrediu para a maioria dos hospitais (21 em 30). Isto se deveu à contração da



fronteira, observada pelos valores do Índice acima de 1,0. Ou seja, apesar da reforma financeira ter promovido a chance desses hospitais fazerem ajustes gerenciais para alcançar o equilíbrio econômico com o aumento do aporte (ganhando eficiência), a almejada mudança tecnológica ainda não parece ter ocorrido. Para que esta aconteça, é necessário um esforço administrativo decorrente da nova forma de pagamento, o qual exige o compromisso e a transparência na relação do gerente hospitalar com os objetivos maiores do sistema de saúde. Acredita-se que, somente quando se estabelecer essa forma de relação, que demanda mais tempo, já que depende de mudanças de cultura institucional, a mudança tecnológica (*frontier shift*) poderá ser finalmente observada.

**Tabela 10: Escores de Eficiência, Índice de Malmquist, e seus componentes, nos Hospitais de Ensino MEC.**

Hospital	Eficiência 2003	Eficiência 2006	Índice de Malmquist	Catch-up	Frontier Shift
FMTM	0.72002	1.00000	0.99292	0.72002	1.37902
FUAM	0.55742	1.00000	0.79904	0.55742	1.43346
FUFMS	0.37897	0.56428	1.24082	0.67161	1.84754
FUFS	0.05382	0.07059	0.72922	0.76242	0.95645
FURG	0.36667	0.44217	1.01122	0.82924	1.21946
HCPA	1.00000	1.00000	1.03962	1.00000	1.03962
UFAL	0.47110	0.73143	1.03823	0.64408	1.61196
UFBA	0.65473	0.48255	1.61924	1.35680	1.19342
UFCE	0.62426	0.43966	1.64300	1.41987	1.15715
UFCG	0.28706	0.28082	1.28197	1.02223	1.25410
UFES	0.76440	0.88830	1.22714	0.86052	1.42604
UFF	0.66520	0.78212	0.99898	0.85051	1.17457
UFGO	0.71867	1.00000	0.94475	0.71867	1.31458
UFJF	0.36385	0.84665	0.59662	0.42975	1.38831
UFMA	0.67288	0.80122	1.05170	0.83982	1.25229
UFMG	0.96358	1.00000	1.07048	0.96358	1.11094
UFMT	0.07071	0.12276	0.89783	0.57604	1.55862
UFPA	0.05887	0.07286	1.20871	0.80794	1.49604
UFPB	0.15804	0.19020	1.23143	0.83093	1.48200
UFPE	0.69689	1.00000	1.19181	0.69689	1.71020
UFPEL	0.30285	0.26920	1.32399	1.12501	1.17687
UFPR	0.83975	1.00000	1.09974	0.83975	1.30961
UFRJ	1.00000	1.00000	1.61668	1.00000	1.61668
UFRN	0.52418	0.29117	2.14672	1.80024	1.19246
UFSC	0.44789	0.57594	1.22327	0.77767	1.57300
UFSM	0.67666	0.82408	1.13993	0.82111	1.38828
UFU	1.00000	1.00000	1.13690	1.00000	1.13690
UNB	1.00000	0.85844	2.81344	1.16491	2.41516
UNIRIO	0.53361	0.64453	0.98889	0.82791	1.19444
UNIFESP	1.00000	1.00000	0.95335	1.00000	0.95335

## **B) Marcos de Referência e Influência no Ensino:**

O Quadro 11 apresenta os *benchmarks* para as unidades ineficientes em 2003 e 2006. De forma geral, os hospitais eficientes, similares em porte e complexidade tendem a fazer o papel de marco de referência.

Considerando a redução de *inputs* necessária para que todos os hospitais atingissem a fronteira, em 2003, a mesma seria de 37% dos funcionários (14.923), 43% dos médicos (2.363), 42% dos leitos (2.561), 52% do *mix* de serviços, além de 25% ou R\$ 11.023.890 nas despesas operacionais. Em 2006, o decréscimo necessário seria de: 25% dos funcionários (11.003), 30% dos médicos (1.794), 27% dos leitos (1.872), 35% do *mix* de serviços ofertados. Quanto às despesas operacionais após a reforma, para o volume mensal repassado de R\$ 73,8 milhões, 21% ou R\$ 13.000.000 poderiam ser diminuídos sem prejuízo do desempenho desses hospitais. Esses dados trazem referências para os itens a serem contemplados nos contratos de metas, por hospital, além de sinalizarem qual o montante de volume financeiro a ser liberado pelo nível federal.

Além disso, a análise dos *benchmarks* nos permite observar algumas tendências no futuro próximo, na medida em que os hospitais ganham ou perdem a qualidade de serem referências ou *benchmarks* para outros. Podemos ilustrar esta situação com os hospitais da UFRJ e HCPA, ambos eficientes nos dois períodos observados. A UFRJ perdeu posição, sendo *benchmark* para 20 hospitais em 2003 e para apenas um em 2006; o HCPA aumentou esta posição de 2 para 14 hospitais. Na Tabela 9, pode-se observar que a UFRJ manteve-se eficiente por meio do aumento das consultas ambulatoriais em 4%, tendo reduzido admissões e cirurgias em 28% e 10%, respectivamente. Por outro lado, HCPA aumentou todos os seus *outputs* no mesmo período. Como a UFRJ sofreu essa contração na produção, apesar de se manter na fronteira, é importante verificar, com dados adicionais, se este hospital perderá a sua capacidade de manutenção da eficiência caso a fronteira seja deslocada para a esquerda e acima, como se espera como resultado positivo da introdução da tecnologia a médio ou longo prazo.

**Quadro 11: Benchmarks para os hospitais de ensino/MEC em 2003 e 2006.**

<b>Hospital</b>	<b>Benchmarks em 2003</b>	<b>Benchmarks em 2006</b>
FMTM	UFRJ, UFU, UNB, UNIFESP	<b>Eficiente</b>
FUAM	UFRJ	<b>Eficiente</b>
FUFMS	UFRJ, UFU, UNB	HCPA, UFPE
FUFS	UNIFESP	FUAM, HCPA, UNIFESP
FURJ	UFRJ, UFU, UNB	FUAM, HCPA, UNIFESP
HCPA	<b>Eficiente</b>	<b>Eficiente</b>
UFAL	UFRJ, UFU, UNB, UNIFESP	FUAM, HCPA
UFBA	UFRJ, UNIFESP	FUAM, HCPA, UFGO, UNIFESP
UFCE	UFRJ, UNIFESP	HCPA, UFMG, UFU, UNIFESP
UFCG	UNB, UNIFESP	UFPE, UNIFESP
UFES	UFRJ, UFU, UNIFESP	FUAM, HCPA, UFGO
UFF	UFRJ, UNIFESP	FUAM, UFGO, UNIFESP
UFGO	UFRJ, UFU, UNIFESP	<b>Eficiente</b>
UFJF	UFRJ, UFU, UNIFESP	UFGO, UFU
UFMA	UFRJ, UFU, UNB, UNIFESP	HCPA, UFMG, UFGO, UFU
UFMG	UFU, UNB, UNIFESP	<b>Eficiente</b>
UFMT	HCPA, UNB, UNIFESP	HCPA, UFPE
UFPA	UFRJ, UNB, UNIFESP	UFMG, UFPR, UFRJ
UFPB	UFRJ, UNB, UNIFESP	HCPA, UFPE, UNIFESP
UFPE	UFRJ, UFU, UNB, UNIFESP	<b>Eficiente</b>
UFPEL	HCPA, UFU, UNB, UNIFESP	HCPA, UFMG, UNIFESP
UFPR	UFRJ, UFU, UNB, UNIFESP	<b>Eficiente</b>
UFRJ	<b>Eficiente</b>	<b>Eficiente</b>
UFRN	UFRJ, UNIFESP	FUAM, HCPA, UFGO, UNIFESP
UFSC	UFRJ, UNB, UNIFESP	FMTM, UFPE, UNIFESP
UFSM	UFRJ, UFU	HCPA, UFGO, UFU
UFU	<b>Eficiente</b>	<b>Eficiente</b>
UNB	<b>Eficiente</b>	HCPA, UFPE
UNIRIO	UFRJ, UNIFESP	FUAM, UFGO, UNIFESP
UNIFESP	<b>Eficiente</b>	<b>Eficiente</b>

Finalmente, para garantir que o efeito de *catch-up* da fronteira (alcance da eficiência) não tenha ocorrido com o comprometimento da qualidade de ensino, a Tabela 11 mostra a dedicação de ensino e a intensidade de ensino para ambos os anos considerados. Na Tabela, a média e mediana dessas variáveis mostrou-se consistentemente maior para os hospitais eficientes. Apesar de não ter sido observada significância estatística, parece consistente a tendência dos hospitais eficientes terem maior carga de ensino quando comparados aos ineficientes.

**Tabela 11: Intensidade de Ensino (Relação residentes/leitos) e Dedicção de Ensino (Relação residentes/médicos) de acordo com a eficiência (2003 – 2006).**

	Intensidade de Ensino		Dedicção de Ensino	
	Média	Mediana	Média	Mediana
Hospital Eficiente 2003	0.53	0.47	0.66	0.58
Hospital Ineficiente 2003	0.45	0.42	0.52	0.44
Hospital Eficiente 2006	0.56	0.46	0.66	0.43
Hospital Ineficiente 2006	0.42	0.44	0.48	0.40

#### **IV - Comentários sobre a Aplicação:**

O Índice de Malmquist calculado por meio de Análise Envoltória de Dados tem sido utilizado para avaliação de reformas de sistemas de financiamento hospitalar, tais como as que ocorreram na Finlândia e Áustria, em 1993 e 1997, respectivamente (LINNA, 2000, SOMMERSGUTER-REICHMANN, 2000). Nestes estudos, houve acompanhamento dos resultados por, no mínimo, quatro anos consecutivos e, em ambos os casos, observou-se melhora importante da fronteira tecnológica nos anos que sucederam a reforma, sem alteração significativa na eficiência técnica dos hospitais.

A utilidade do Índice de Malmquist para avaliação da reforma de financiamento dos hospitais de ensino pode ser observada no estudo de acordo com, pelo menos, três perspectivas distintas:

1) O gerente hospitalar pode usar os dados para estabelecer manobras estratégicas, comparar a situação do hospital com outros semelhantes e para buscar formas de melhoria. No caso dos hospitais universitários, de modo a aumentar a eficiência, houve organização do fluxo de referência e contra-referência de pacientes com centros e unidades básicas de saúde (estipuladas em contrato de metas) além da intensificação de novas modalidades de cuidado (como atenção domiciliar). Esta estratégia implica no chamado processo de “desospitalização”, o que se refletiu nas mudanças de produtividades encontradas para consultas ambulatoriais (aumento), admissões e cirurgias (queda). Além disso, como o componente da crise relacionado ao subfinanciamento dos hospitais foi abrandado pelo aumento da injeção de recursos no período, a maioria dos hospitais mostrou capacidade administrativa para diminuir as suas respectivas distâncias à fronteira de eficiência (efeito *catch-up*). Por outro lado, aqueles hospitais que reduziram os seus escores relativos, ou que deixaram de pertencer à fronteira, devem ser investigados cuidadosamente sobre as suas capacidades gerenciais para enfrentamento da crise.

2) Na perspectiva da autoridade governamental, o Índice de Malmquist pode ser encarado como uma medida sumária para medir os resultados da política

implementada. Como o maior objetivo da reforma foi o ganho de eficiência a partir de uma nova estrutura de financiamento, o principal componente a ser avaliado é a mudança tecnológica ou o deslocamento da fronteira de possibilidades de produção (*frontier shift*). Vale repetir que existe evidência na literatura de que o financiamento baseado em atividades acordadas aumenta a eficiência (BIØRN *et al*, 2003), e também de que o processo de subfinanciamento gera baixo escore de eficiência (FERRIER *et al*, 2006). No presente estudo, após a reforma, houve aumento da eficiência para a maioria dos hospitais, mas nenhuma evidência de ganho tecnológico. Isso significa que o aumento do aporte financeiro foi importante para o restabelecimento de equilíbrio financeiro desses hospitais. No entanto, como a fronteira tecnológica depende de mudanças administrativas e comportamentais, muitas delas de médio e longo prazo, há necessidade de acompanhamento por um maior período de tempo antes de se concluir pró ou contra a reforma financeira. Esse achado é consistente com o estudo do Sistema de Saúde Inglês (NHS/ UK) quando, após a abertura do sistema para o mercado, primeiramente, foi observada contração, somente depois seguida de expansão da fronteira (MANIADAKIS *et al.*, 1999). O estudo inglês também sugeriu que a mudança tecnológica se tornou um componente mais importante do que o de eficiência técnica por que a maioria dos hospitais já era eficiente no início da reforma, o que não é o nosso caso. Finalmente, presume-se que se deva estender a utilização do Índice para a totalidade dos hospitais de ensino (não somente os universitários) para validar esses achados.

3) Uma terceira perspectiva deve considerar que existem outros fatores ambientais, não associados com volume de financiamento ou com capacidade administrativa, mas que podem afetar positiva ou negativamente os escores de eficiência encontrados, e a reação dos hospitais à reforma financeira. Esses fatores, que não foram levados em conta nesse estudo em particular, podem ser representados por variáveis socioeconômicas e demográficas (IDH de entorno), organizacionais (natureza dos hospitais), administrativas (competição do mercado local) e culturais (relação histórica entre gestor local de saúde e administração hospitalar).

Finalmente, no tocante à associação entre eficiência na assistência e carga de ensino, o estudo sugere que não houve prejuízo das atividades didáticas após a reforma. Pelo contrário, conforme demonstrado por Schreyögg & von Reitzenstein (2008), parece ser importante explorar e induzir atividades de ensino e de pesquisa nesses hospitais, como uma estratégia complementar para lidar com a crise financeira vivida por estas unidades.

#### 4.5) Influência das Variáveis Ambientais. <sup>46</sup>

##### I – Justificativa e Objetivos:

Nos anos que se seguiram à reforma de financiamento dos hospitais de ensino, houve melhoria na resposta dos hospitais de ensino às demandas de saúde socialmente determinadas pela população e nos fluxos de referência e contra-referência com a rede básica de serviços do SUS. Porém, ainda não foram mensurados os ganhos de eficiência na utilização de recursos para a totalidade dos hospitais certificados, tampouco a influência de outros fatores para a eficiência encontrada; fatores estes distintos daqueles relacionados ao aporte de recursos, e nem sempre sujeitos à governabilidade dos gestores, aqui chamados de ambientais, ou não discricionários.

Sobre o conceito de variáveis ambientais, Chilingirian e Sherman (2004) afirmam que variações aleatórias do ambiente socioeconômico (como renda, mercado, epidemias, etc) e organizacional (coordenação e regulação de práticas, existência de greves, natureza jurídica, estrutura de ensino) podem influenciar o escore de eficiência e o papel desses fatores merece ser mensurado.

Na presente abordagem, mediu-se o desempenho do conjunto de hospitais de ensino contratualizados. Os escores gerados por DEA serviram de base para a categorização dos hospitais como eficientes ou ineficientes. Mediante regressão linear logística, foi estudada a influência das variáveis de natureza não discricionária. A identificação de fatores não discricionários é importante para definir outros elementos que, na forma de incentivos, possam compor o pacote da orçamentação no momento da pactuação de metas.

##### II - Procedimento de modelagem:

Foram analisados os 104 hospitais gerais de ensino contratualizados até o final de 2006, sendo mensurada a produção de 2007, portanto, realizada após a assinatura dos contratos de metas.

Para o modelo DEA, VRS, orientado a *output*, foram consideradas como variáveis de *inputs*: número de funcionários, de leitos, e o *mix* de serviços ofertados (medida *proxy* de diversidade de estrutura assistencial), oriundas do Cadastro

---

<sup>46</sup> Trabalho apresentado no XL Simpósio da Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional/SBPO, João Pessoa, setembro, 2008. Submetido para publicação na Revista do Ministério da Saúde: Epidemiologia e Serviços de Saúde.

Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES/MS)<sup>47</sup>. As variáveis de produção usadas, internações e procedimentos de alta complexidade realizados (AC, medida *proxy* para complexidade hospitalar) foram retiradas do DATASUS/MS,

Neste trabalho, para evitar os pesos nulos, foram estabelecidas restrições aos pesos virtuais de ambas as medidas *proxy* utilizadas, ou seja, o produto do *mix* de serviços e o do volume de alta complexidade com os respectivos pesos deveria estar compreendido entre 20 e 50% do somatório do produto dos demais pesos pelas variáveis de *input* (leitos e funcionários) e de *output* (internações), respectivamente. O *software* utilizado para gerar o escore foi o DEA- Solver - PRO 5.0.

Para a regressão logística, o escore de eficiência foi utilizado como variável dependente na regressão logística, considerando a média do escore DEA como o ponto de corte para identificar as unidades eficientes. As variáveis ambientais estudadas foram: natureza jurídica, carga de ensino (dedicação e intensidade, conforme seção 4.4) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de entorno e porte do hospital (número de leitos). Na análise exploratória destas variáveis, foi usado o teste Qui-quadrado para comparação de freqüências e o teste t - Student para comparação de médias entre hospitais eficientes e ineficientes. O *software* utilizado para regressão foi o SPSS 11.0.

### III - Resultados encontrados:

Foram contemplados 64 hospitais públicos gerais de ensino (30 universitários do MEC, 26 do MS, 08 hospitais de ensino estaduais e/ou municipais), 34 hospitais filantrópicos e 06 privados de ensino. Na Tabela 12, são mostrados os valores: mínimo, máximo e médio das principais variáveis quantitativas consideradas no estudo. Existe grande variação no porte desses hospitais, havendo tendência à concentração de unidades de maior tamanho e complexidade, com média de 347 leitos, 1.464 funcionários, *mix* de serviços de 76, e produção de alta complexidade superior a 100 procedimentos/ mês (1.363/ano). No tocante à carga de ensino, existe alto volume médio de residentes por hospital (143), e cerca de 5,0 médicos e de 2,0 a 3,0 leitos para cada residente. Quanto ao entorno socioeconômico, o IDH variou de 0,69 a 0,89, com média de 0,82.

Pela Análise Envoltória de Dados, a média de eficiência geral foi de 0,49 (desvio padrão de 0,26) e a mediana, de 0,50. Vale mencionar que, entre os hospitais públicos e os filantrópicos e privados, houve diferença das médias (0,48 *versus* 0,56,

---

<sup>47</sup> A escolha das variáveis no modelo utilizado foi diversa daquela apregoada por Y. Ozcan, devido à indisponibilidade de dados acurados no CNES.

respectivamente;  $p=0,07$ ). Dos 104 hospitais, 5 foram considerados eficientes; entre eles, 2 públicos (01 do MEC e 01 do MS) e 3 filantrópicos. O hospital eficiente do MEC foi considerado *benchmark* para mais um hospital; o hospital do MS foi considerado *benchmark* para outros 37 hospitais. Os três hospitais filantrópicos eficientes foram considerados *benchmarks* para 32, 65 e 75 hospitais de ensino, respectivamente. Consideradas as restrições aos pesos impostas ao modelo, para que todos os hospitais atingissem a fronteira, seria necessária a redução de 31.712 funcionários (10% do somatório dos números atuais), ainda podendo haver aumento de 16.966 leitos (47% dos valores atuais). Sendo o modelo orientado a *output*, para atingir a fronteira, a produção deveria sofrer um acréscimo total de aproximadamente 615 mil internações/ano (47% do valor atual) e o número de procedimentos anuais de alta complexidade deveria praticamente dobrar (132%).

No segundo estágio, o escore médio de eficiência definiu um ponto de corte (0,49 ou 49% de eficiência) para conformar um desfecho binário para eficiência, ou seja, a variável dependente da regressão logística. Dada a ausência de dados sobre o número de residentes para 14 hospitais, esta etapa considerou 90 unidades de ensino, sendo que não houve mudança significativa no perfil dos hospitais analisados, se comparados ao universo total de hospitais de ensino (conforme Tabela 12). A Tabela 13 mostra a diferença das freqüências e médias das variáveis ambientais de acordo com a eficiência dos hospitais de ensino. Nela, observa-se uma maior proporção de hospitais eficientes entre os hospitais privados e/ou filantrópicos (67% *versus* 46%;  $p=0,04$ ), existindo ainda significância estatística na diferença do número de leitos (os hospitais eficientes têm maior porte), do IDH de entorno (média maior para os hospitais eficientes) e, possivelmente, da dedicação de ensino (hospitais eficientes têm valores mais baixos). Finalmente, a regressão logística confirmou a importância do tamanho hospitalar como variável ambiental de predição da eficiência, com coeficiente 0,006 e razão de chances de 1,006 (Tabela 14). Na mesma Tabela 14, ainda se observa a influência significativa dos indicadores de ensino: a intensidade de ensino estando positivamente associada com eficiência ( $p=0,027$ ); o contrário acontecendo com a dedicação de ensino ( $p=0,006$ ). A natureza e o IDH não se mostraram significativos se considerado o p-valor de 0,05.



**Tabela 12: Caracterização dos Hospitais de acordo com valores: mínimos, máximos e médios das principais variáveis intervalares dos modelos: DEA (Estágio I) e Regressão Logística (Estágio II).**

Modelo	Variáveis	Mínimo	Máximo	Média (DP)
ESTÁGIO I	Funcionários	274	6.112	1.464 (1.029)
	Mix de Serviços	38	142	76 (8)
	Procedimentos AC	0	8.669	1.363 (1.540)
	Internação (anual)	1.802	39.138	12.549 (7.252)
ESTÁGIO I e II	Leitos	106	1.288	347 (205)
ESTÁGIO II	Dedicação de Ensino*	0,01	0,63	0,23 (0,14)
	Intensidade de Ensino*	0,01	1,48	0,41 (0,29)
	IDH	0,69	0,89	0,82 (0,33)

\* Sem informação sobre residentes em 14 hospitais.

**Tabela 13: Relação entre eficiência e variáveis ambientais do modelo.**

Variáveis Independentes	Variável Dependente		p-valor	
	Eficiente	Ineficiente		
Natureza	Público (n=56)	26	30	0,04
	Filantropico + Privado (n=34)	23	11	
Leitos (média)	432	271	0,000	
IDH (média)	0,83	0,81	0,003	
Dedicação de Ensino (média)	0,20	0,43	0,078	
Intensidade de Ensino (média)	0,40	0,26	0,657	

\* Total de 90 hospitais, pela ausência de dados para residentes em 14 hospitais.

**Tabela 14: Regressão Logística completa.**

EFICIÊNCIA (sim X não)	Coefficiente	Erro Padrão	Wald	p-valor	Razão de Chances
Leitos	,006	,002	11,853	,001	1,006
Intensidade de Ensino	,037	,017	4,896	,027	1,038
Dedicação de Ensino	-,100	,036	7,500	,006	,905
Natureza Filantropico/Privado *	,584	,554	1,111	,292	1,794
IDH	,116	,076	2,310	,129	1,123
Constante	-10,978	6,241	3,095	,079	,000

\* Valor de base: Público

#### IV - Comentários sobre a Aplicação:

A Política de Reestruturação dos Hospitais de Ensino enfatiza a vocação dos mesmos para a realização de procedimentos de alta complexidade. No estudo atual, porte e complexidade hospitalares foram aspectos de importante poder explicativo para o grau de eficiência encontrado. Na prática, estes componentes têm sido os

principais norteadores para distribuição de recursos financeiros, tanto pelo Ministério da Saúde quanto pelo Ministério da Educação.

No universo das unidades presentes nessa abordagem, não foi evidenciada a influência da natureza jurídica na eficiência do hospital de ensino. Se as diferenças entre as médias apontavam para a maior eficiência dos filantrópicos em relação aos públicos, a mesma desapareceu quando da regressão e do ajuste por número de leitos e demais variáveis. Este aspecto pode ser colocado em pauta na avaliação do impacto da Política de Reestruturação dos hospitais de ensino, dado que a natureza jurídica implica em diferenças importantes em relação aos mecanismos de compra de materiais e de contratação de recursos humanos, os quais têm sido apontados como pontos críticos para a eficiência dos hospitais públicos.

A presente abordagem também não corroborou uma influência positiva da carga de ensino para a eficiência hospitalar. Ou melhor, na análise multivariada, a intensidade de ensino e a dedicação de ensino mostraram influências em sentidos contrários, de associação positiva e negativa com a eficiência hospitalar, respectivamente. De fato, a presença de residentes é considerada estratégica não somente para estimular as atividades de ensino dos hospitais, mas também por serem importantes recursos humanos na assistência prestada, algumas vezes substituindo a necessidade de vários médicos, mediante a preceptoria de poucos. Por outro lado, sabe-se que as atividades de ensino geram maior consumo de recursos assistenciais e, portanto, aumentam os custos da atenção médica. Estas questões merecem maior investigação, já que ainda podem ter características não-lineares. Se considerarmos apenas as variáveis de intensidade e dedicação de ensino acima utilizadas, por exemplo, os valores médios de 01 residente para cada dois a três leitos e para cada cinco médicos são compatíveis com uma boa prática de ensino. No entanto, se pegarmos os valores mínimos, de 01 residente para cada cem leitos ou para cada cem médicos, e os máximos, de mais de um residente para cada leito ou de 1 residente para cada um a dois médicos (Tabela 12), todos são incompatíveis com um ensino de qualidade, ao pecarem por falta ou por excesso de residentes.

No tocante ao ambiente socioeconômico de entorno, o IDH pode ser considerado como um indicador de necessidade de cuidado, e também das dificuldades estruturais e organizacionais para o funcionamento da unidade (quanto menor o valor do índice, maior a demanda social e menor a oportunidade de aquisição e manutenção de equipamentos, a existência de preços competitivos, etc.). Até o presente, são raros os estudos que abordam a influência de aspectos de entorno na eficiência organizacional dos ambientes hospitalares, valendo destacar o estudo de CHEN, HWANG e CHAO que demonstrou que essa influência varia de acordo com o

setor avaliado (serviços gerais, administração, apoio diagnóstico e terapêutico, internações e ambulatório). Apesar de não termos encontrado nítida associação entre IDH e eficiência (p-valor em torno de 0,13), este aspecto merece maior aprofundamento e a elaboração de novas abordagens, como a substituição de Índice por outros indicadores de nível socioeconômico de entorno, como a Taxa de Mortalidade Infantil.

Talvez a principal limitação da presente análise esteja na diversidade de bancos de dados administrativos para as variáveis estudadas, cada qual com a sua periodicidade de crítica e de atualização. Da mesma forma, dada a necessidade de ajuste para a complexidade hospitalar e da introdução de restrição aos pesos no modelo DEA, a escolha das variáveis *proxy* como a oferta de serviços (*input*) e de procedimentos de alta complexidade realizados (*output*) foi baseada na disponibilidade de dados e outras medidas de ajuste para *case mix* podem vir a ser propostas no futuro visando ao aumento da precisão da medida de eficiência.

## 5) CONCLUSÃO

“Comece pelo começo e prossiga até chegar ao fim: então, pare.”  
(Lewis Carroll - Alice no País das Maravilhas)

A partir das reflexões e modelos acima, muito a se dizer, e mais a se fazer na aproximação entre pesquisa operacional e epidemiologia de serviços de saúde.

A começar, propõe-se uma agenda de trabalho que considera que:

- O campo multidisciplinar que lida com os problemas de saúde deve ser cultivado não somente no plano dos atores e/ou especialistas, mas também no plano dos fatores cognitivos, de apreensão do cotidiano.
- Da mesma forma, toda abordagem de um problema relacionado à área da saúde deve considerar a contribuição dos diversos paradigmas. Mesmo que utilizada apenas uma técnica, como a Análise Envoltória de Dados, criada no seio do paradigma positivista, a inclusão das restrições aos pesos e das metodologias de pesquisa-ação para criar mecanismos de consenso sobre as unidades, variáveis e interpretações, assumiu os paradigmas reformista e crítico, aumentando a confiabilidade dos modelos.
- Dada a presença de múltiplos atores, e de diversos pontos de vista, é essencial a incorporação de uma abordagem ética aos preceitos técnicos utilizados para lidar com os problemas de saúde.

No campo operacional, essa agenda pressupõe que:

- Todo ator envolvido na pesquisa operacional em saúde deve ter um compromisso com a aplicação de seus resultados.
- Esforços devem ser envidados para criar núcleos de pesquisa operacional no interior das unidades de saúde.
- Nessas instâncias, estudos de eficiência e simulação de processos nos serviços podem ser considerados como áreas prioritárias de pesquisa aplicada.
- Oficinas de trabalho com os resultados dos estudos são também fóruns importantes para divulgação da importância dessas atividades.

No campo de desenvolvimento científico:

- Simultaneamente ao desenvolvimento das técnicas de estruturação dos problemas, há que se garantir que os resultados das pesquisas possam de fato ser aplicados pelos gestores das políticas públicas de saúde. No caso dos resultados com DEA, transformar informações publicadas em estudos de caso pode contribuir para a compreensão, aplicação e validação do método.
- Paralelamente à ênfase na aplicação, é necessária a garantia de excelência na metodologia científica utilizada. O fato das publicações nos periódicos do cenário da aplicação somente usarem modelos clássicos, e das inovações metodológicas ficarem restritas às revistas especializadas de pesquisa operacional, somente ajuda a distanciar o interesse dos pesquisadores, que consideram as aplicações pobres em conteúdo científico, e dos gestores da saúde, que criticam o método devido aos seus resultados inverossímeis.
- Ou seja, este distanciamento acadêmico pode ser transformado em um círculo virtuoso, onde excelência e atualidade científica aumentam a confiabilidade do modelo, e a coerência dos resultados aumenta a confiança do gestor.

Finalmente, no caso específico dos hospitais de ensino brasileiros, arrolados em uma política nacional que almeja a maior integração destes hospitais, docente-assistencial e com o sistema de saúde, mediante aporte financeiro e melhoria da gestão, teríamos como resultados alcançados, e dignos de serem divulgados:

- A comparação dos hospitais de ensino entre si, e com outros, sem vocação acadêmica, deve considerar a multiplicidade de dimensões presentes no interior da unidade (assistência, ensino e pesquisa).
- O estudo da eficiência dos hospitais de ensino deve considerar o ajuste pela gravidade dos pacientes atendidos, e a perspectiva dos múltiplos atores envolvidos com as atividades desenvolvidas nesses hospitais (*stakeholders*).
- Existem diversas abordagens para as múltiplas dimensões na avaliação de eficiência com uso de DEA: modelos agregados, em separado e em redes. Esta última, uma inovação deste estudo, *Network DEA*, parece ser a que melhor expressa a realidade, ao considerar não somente as dimensões, mas também as variáveis que se apresentam como elos de ligação entre elas.
- Por meio de *Network DEA*, por exemplo, pode-se depreender que estes hospitais têm priorizado as atividades de assistência, em detrimento daquelas de ensino e de pesquisa, dado que o principal aporte financeiro para custeio destes hospitais provém da instituição reguladora da assistência, ou seja, do Ministério da Saúde. Este dado nos fornece algumas reflexões sobre a importância de ser desenvolvido um modelo de orçamentação global, baseada na eficiência das três principais dimensões, ao somar os recursos específicos provenientes dos Ministérios que regulam: assistência (Saúde), ensino (MEC), pesquisa (MCT). Esta questão já está na pauta das agendas ministeriais.
- A completar as dimensões presentes nos hospitais universitários e de ensino, pode-se criar a de qualidade de atendimento, tendo como *output* o escore de satisfação do usuário, conforme utilizado no trabalho citado das farmácias suecas (LÖTHGERN & TAMBOUR, 1999).
- Ainda para enriquecer a excelência da metodologia *Network*, como desdobramento futuro, pretende-se desenvolver a técnica considerando as medidas de projeção não radiais, para garantir que todas as unidades eficientes estejam projetadas em regiões Pareto-eficientes da fronteira e aplicar a metodologia *Network* para avaliação dinâmica das eficiências ao longo do tempo, conforme vem sendo estudado por Tone & Tsutsui (2008).
- No tocante às mudanças almejadas pela reforma do sistema de financiamento destes hospitais, observou-se uma melhora significativa na eficiência técnica das unidades, com o aumento do volume financeiro, dado que o subfinanciamento crônico é um dos motivos da crise que se abateu sobre estes hospitais. Por outro lado, as mudanças almejadas na capacidade local de gestão ainda não podem ser evidenciadas quantitativamente, embora haja uma

série de descrições qualitativas positivas sobre o tema. Presume-se que a mudança tecnológica decorrente da melhoria de gestão exija um período maior de acompanhamento, além da garantia de que o aporte financeiro se mantenha suficiente. Esta questão também tem sido colocada incessantemente na agenda da Comissão Interinstitucional de Hospitais de Ensino.

- E mais, se a certificação dos hospitais de ensino é considerada um mecanismo indutor de melhorias institucionais e de integração dos hospitais de ensino com o sistema de saúde, o acompanhamento, controle e avaliação dos indicadores dos contratos de metas pode agregar mais valor ao processo de indução de melhorias gerenciais.
- Finalmente, a identificação de fatores ambientais que influenciam o grau de eficiência encontrado pode gerar critérios para a introdução de novos incentivos, ou de penalizações, se for o caso, para compor a cesta dos componentes do orçamento de cada hospital de ensino. De acordo com os resultados encontrados, poderíamos propor um incentivo no contrato para a abertura de leitos de determinadas especialidades, principalmente para aqueles hospitais que devem aumentar o número leitos para atingir a fronteira de eficiência. Da mesma forma, outros mecanismos de incentivo poderiam estar voltados para o desenvolvimento das atividades de ensino e de pesquisa nos hospitais, considerando o papel indutor positivo da intensidade de ensino no escore de eficiência hospitalar. Também a influência do entorno socioeconômico poderia ser um parâmetro adicional no controle e avaliação do contrato de metas, definindo o grau de flexibilidade para aceitação do cumprimento parcial de metas por motivos de baixa governabilidade para o gestor da unidade.

Estes são exemplos de aplicação que mostram como o desdobramento desta metodologia tem a capacidade de trazer novas ferramentas para a construção da Política de Reestruturação dos Hospitais de Ensino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ACKOFF R. L., 1971, "Towards a System of Systems Concepts". *Management Science*. 17: 661- 671.

ACKOFF R. L., 1979a, "The Future of Operational Research is Past". *J. Oper. Res. Soc*, 30: 93-104.

ACKOFF R. L., 1979b, "Resurrecting the Future of Operational Research". *J. Oper. Res. Soc*, 30: 207-218.

ACKOFF R. L., 1999, *Ackoff's Best: His Classic Writings on Management*. New York, John Wiley e Sons, Inc.

ADAY L. A., BEGLEY C. E., LAIRSON, D. R., BALKRISHNAN R., 2004, *Evaluating the Healthcare System: Effectiveness, Efficiency and Equity*. Washington, DC, Health Administration Press, 3rd. Ed.

AHUMADA J.; ARREAZA GUZMÁN A.; DURÁN H.; PIZZI M.; SARUÉ E.; TESTA M., 1965, Programación de la Salud, Problemas Conceptuales y Metodológicos. *Publicación Científica de la OPAS*, n. 111. Washington, Organización Panamericana de la Salud.

ALETRAS V., KONTODIMOPOULOS N., ZAGOULDOUDIS A., NIAKAS D., 2007, "The short-term effect on technical and scale efficiency of establishing regional health systems and general management in Greek NHS hospitals". *Health Policy*. 83(2-3): 236-245.

ALLEN R.; ATHANASSOPOULOS A.; DYSON R.J.; THANASSOULIS E., 1997. "Weights restrictions and value judgments in Data Envelopment Analysis: evolution, development and future directions". *Annals of Operations Research* 73: 13-34.

ALMEIDA FILHO N., 1989, *Epidemiologia sem Números: Uma Introdução Crítica à Ciência Epidemiológica*. Rio de Janeiro, Ed. Campus.

ALMEIDA FILHO N. e ROUQUAYROL M.Z., 2003, "Elementos de Metodologia Epidemiológica". In: *Epidemiologia & Saúde*. Rio de Janeiro: MEDSI. 6ª edição.

AREAS D.B., 2005, *Avaliação do Ensino Superior da Engenharia de Produção da UFRJ usando DEA e uma Abordagem Qualitativa*. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro. Engenharia de Produção/COPPE/UFRJ.

AYRES J. R. C. M., 1994, "Interpretação histórica e transformação científica: a tarefa hermenêutica de uma teoria crítica da epidemiologia". *Rev. Saúde Pública*. 28(4): 311-319.

BANKER R.; CHARNES A.; COOPER W, 1989, "An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses". *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, 5:125-163.

BANKER R., 1993, "Maximum likelihood, consistency and data envelopment analysis: a statistical foundation". *Management Science*, 34: 1265-1273.

BHAT V.N., 2005, "Institutional arrangements and efficiency of health care delivery systems". *Eur J Health Econ*,6(3): 215-222.

BIØRN E., HAGEN T.P., IVERSEN T., MAGNOSSEN J., 2003, "The effect of activity-based financing on hospital efficiency: a panel data analysis of DEA efficiency scores 1992-2000". *Health Care Management Science*, 6(4): 271-283.

BRANS J. P., 2002a, "OR, Ethics and Decisions: the OATH of PROMETEUS". *Eur. J. Oper. Res.*, 140: 191-196.

BRANS J. P., 2002b, "Ethics and Decision". *Eur. J. Oper. Res.*, 136: 340-352.

BRANS J. P. e GALLO G., 2004, "Ethics in OR/MS: Past, present and future". *4 OR Quarterly Journal of the Belgium, French and Italian Operational Research Societies*, 2: 95-110.

BREILH J., 1991, *Epidemiologia: Economia, Política e Saúde*. Trad. Luis Roberto de Oliveira, São Paulo: UNESP/ HUCITEC.



CASTELLANOS P. L., 1995, "Lo Ecológico en Epidemiología Aplicada en Salud Pública", III Congresso Brasileiro de Epidemiologia. Salvador, mimeo, 11 pp.

CAVES D.W., CHRISTENSEN L.R., DIEWERT W.E., 1982, "Multilateral Comparisons of Output, Input and Productivity using Superlative Index Numbers". *The Economic Journal*; 92: 73–86.

CHECKLAND P. B., 1981, *Systems thinking, Systems Practice*. John Wiley, Chichester, UK.

CHEN A.; HWANG Y.; CHAO B., 2005, "Measurement and sources of overall and input inefficiencies: Evidences and Implications in hospital services". *European Journal of Operational Research*, n. 161, p. 447-468.

CHERN J.I. e WAN T.T., 2000, "The impact of the prospective payment system on the technical efficiency of hospitals". *J Med Syst*, 24(3): 159-172.

CHILINGERIANJ.A. e SHERMAN H. D., 2004, "Health Care Applications From Hospitals to Physicians; From Productive Efficiency to Quality Frontiers". In: COOPER W., SEIFORD, L.M., ZHU, J (eds.) *Handbook on data envelopment analysis*, Kluwer Academic Publishers.

CHILINGERIAN J.A. e SHERMAN H. D., 1997, "DEA and Primary Care Physician Report Cards: deriving preferred practice cones from managed care service concepts and operating strategies". *Annals of Operations Research*, 73: 35-66.

CHU H.L., LIU S.Z., ROMEIS J.C., 2002, "Does the implementation of responsibility centers, total quality management, and physician fee programs improve hospital efficiency? Evidence from Taiwan hospitals". *Med Care*, 40(12): 1223-1237.

CHU H., LIU S.Z., ROMEIS J.C., YAUNG C.L., 2003, "The initial effects of Physician Compensation Programs in Taiwan hospitals: implications for staff model HMOs". *Health Care Management Science*. Feb; 6(1):17-26.

COELLI T.J., PRASADA RAO D.S., BATTESE G.E., 1998, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, First Ed., Boston, Kluwer Academic Publishers.

CONTANDRIOPOULOS A-P.; CHAMPAGNE F.; DENIS J-L., PINEAULT R., 1997, "A Avaliação na Área da Saúde: Conceitos e Métodos". In: *Avaliação em Saúde: dos Modelos Conceituais à Prática na Análise da Implantação de Programas*. Zulmira Maria de Araújo Hartz (Org.). Rio de Janeiro, Ed. FIOCRUZ.

CONTANDRIOPOULOS A-P., 2006, "Avaliando a institucionalização da avaliação". *Ciência & Saúde Coletiva*, 11(3): 705-711.

COOK W. D., ZHU J., 2007, "Classifying inputs and outputs in DEA". *European Journal of Operational Research*, 180 (2007) 692-699.

COOPER W., SEIFORD L., TONE K., 2002, *Data Envelopment Analysis: a comprehensive text*. Boston, Kluwer Academic Publishers.

COOPER W.W. e RAY S.C., 2008, "A response to M. Stone: How not to measure the efficiency of public services (and how one might)". *J. R. Statist. Soc. A.*, 170(1): 1-16.

DACOSTA-CLARO I. e LAPIERRE S.D., 2003, "Benchmarking as a tool for the improvement of health services' supply departments". *Health Service Management Res*, 16(4): 211-223.

DANDO M. R. e BENNETT P. G., 1981, "A Kuhnian crisis in management science?" *J. Oper. Res. Soc*, 32: 939-942.

DeTOMBE D.J., 2002, "Complex Societal Problems in Operational Research". *Eur. J. Oper. Res.* 140: 232-240.

DERVAUX B., LELEU H., VALDMANIS V., WALKER D., 2003, "Parameters of control when facing stochastic demand: a DEA approach applied to Bangladeshi vaccination sites". *Int J Health Care Finance Econ.* 3(4): 287-299.

DERVAUX B., EECKHOUDT L., LEBRUN T., SAILLY J.C., 1992, "Determination of cost-effective strategies in colorectal cancer screening". *Rev. Epidemiol Sante Publique.* 40(5): 296-306.

DESHARNAIS S., HOGAN A.J., MacMAHON L.F. Jr, FLEMING S., 1991, "Changes in rates of unscheduled hospital readmissions and changes in efficiency following the introduction of the Medicare prospective payment system. An analysis using risk-adjusted data". *Eval Health Prof* , 14(2): 228-252.

DEXTER F. e O'NEILL L., 2004b, "Data envelopment analysis to determine by how much hospitals can increase elective inpatient surgical workload for each specialty". *Anesth Analg*, 99(5): 1492-1500.

DOLL R. e HILL A.B., 1954, "The mortality of doctors in relation to their smoking habits". *British Medical Journal*, 228:1451-5

DONABEDIAN A., 1980, "Explorations in quality assessment and monitoring". Vol. I. In: *The Definition of Quality and Approaches to its Assessment*. Michigan, Health Administration Press, Ann Harbor.

DONABEDIAN A., 2003, *An Introduction to Quality Assurance in Health Care*. New York, Oxford University Press.

EASTERBY-SMITH M.; THORPE R.; LOWE A., 2002, *Management Research: an Introduction*. London, Sage Publications Inc., 2nd edition.

EPPEN G.D.; GOULD F.J.; SCHMIDT C.P.; MOORE J.H.; WEATHERFORD L. R., 1998, *Introductory Management Science: decision modeling with spreadsheets*. New Jersey, Prentice Hall.

FÄRE R., GROSSKOPF S., NORRIS M., ZHANG Z., 1994, "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries". *American Economic Review*, 84: 66-83.

FÄRE R., GROSSKOPF S., 1996, *Intertemporal Production Frontiers: With Dynamic DEA*. Boston, Kluwer Academic Press Publishers.

FÄRE R., GROSSKOPF S., 2000, "Network DEA". *Socio-Economic Planning Sciences*, 34: 35-49.

FELDER S. e SCHMITT H., 2004, "Data envelopment analysis based bonus payments. Theory and application to inpatient care in the German state of Saxony-Anhalt". *Eur J Health Econ*, 5(4):357-363.

FERNANDES E., PIRES H.M., IGNACIO A.A.V., SAMPAIO L..M.D., 2007, "An analysis of the supplementary health sector in Brazil". *Health Policy*, 81:242-257.

FERRIER G.D.; ROSKO M.D.; VALDMANIS V.G., 2006, "Analysis of uncompensated hospital care using a DEA model of output congestion". *Health Care Management Science*, 9: 181–188

FRIED H.O.; LOVELL C. A.K.; SCHMIDT S.S.; YAISAWARNG S., 2002, "Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis". *Journal of Productivity Analysis*, 17: 157–174.

FRIESNER D., NEUFELDER D., RAISOR J., KHAYUM M., 2005, "Benchmarking patient improvement in physical therapy with data envelopment analysis". *Int J Health Care Qual Assur*, 18(6-7): 441-457.

FULOP N.; ALLEN P.; CLARKE A.; BLACK N., 2001, *Studying the Organization and Delivery of Health Services*. London, Routledge.

GARDING L., 1979, *Encontro com a Matemática*. Trad. Celio Alvarenga et al. Brasília, Editora UNB.

GONÇALVES A.C., NORONHA C.P., LINS M.P.E., ALMEIDA R.M.V.R., 2007, "Análise Envoltória de Dados n avaliação de hospitais públicos nas capitais brasileiras". *Rev Saúde Pública*, 41(3): 427-435.

GRANADOS J. A. T., 1999, "Is Epidemiology an Applied Science or a Technology?" *Am. J. Public Health*, 89(4): 599.

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

GROSSKOPF S., MARGARITIS D., VALDMANIS V., 2001b, "The effects of teaching on hospital productivity". *Socio-economic Planning Sciences*, 35: 189-204.

GROSSKOPF S., MARGARITIS D., VALDMANIS V., 2004, "Competitive effects on teaching hospitals". *European Journal of Operational research*, 154: 515-525.

HABERMAS, 1987, *Teoria de la Acción Comunicativa*. Madri, Taurus.

HABERMAS, 1992, *Moral Consciousness and Communicative Action (studies in contemporary German social thought)*. Boston, MA, MIT Press.

HARTZ Z..M.A. e POUVOURVILLE G., 1998, "Avaliação de Programas de Saúde: a eficiência em questão". *Ciência & Saúde Coletiva*, 3: 68-82.

HARTZ Z. M. A. e CAMACHO L. A. B., 1996, "Formação de recursos humanos em epidemiologia e avaliação dos programas de saúde". *Cad. Saúde Pública*, 12 (S2): 13-20.

HOLLINGSWORTH B., 2003, "Non-Parametric and Parametric Applications Measuring Efficiency in Health Care". *Health Care Management Science*, 6: 203-218.

HOLLINGSWORTH B., MANIADAKIS N., THANASSOULIS E., 1999, "Efficiency. Measured response". *Health Serv J*, 109(5682):28-9.

JACKSON, M. C., 2001, "Critical Systems Thinking and Practice". *Eur. J. Oper. Res.*, 128: 233-244.

JOHNSON P. e DUBERLEY J., 2000, *Understanding Management Research*. London, Sage Publications Inc.

KAO, C., 2009, " Efficiency Decomposition in network data envelopment analysis: a relational model", *Eur J Oper Res*, 192: 949-962.

KIRBY M.W., 2000, "Operations Research Trajectories: the Anglo-American Experience from the 1930s to 1960s". *Operations Research*, 48: 661-670.

- KIRBY M.W., 2007, "Paradigm Change in Operations Research: Thirty Years of Debate". *Operations Research*, 55 (1), 1-13.
- KJEKSHUH L. e HAGEN T., 2007, "Do hospital mergers increase hospital efficiency? Evidence from a National Health Service country". *J. Health Serv Res Policy*, 12(4): 230-235.
- KONTODIMOPOULOS N., MOSCHOVAKIS G., ALETRAS V.H., NIAKAS D., 2007, "The effect of environmental factors on technical and scale efficiency of primary health care providers in Greece". *Cost Eff Resour Alloc*, 17:5-14.
- KOOREMAN P., 1994, "Nursing home care in The Netherlands: a nonparametric efficiency analysis". *J Health Econ*, 13(3): 301-316.
- KUHN T. S., 1962, *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. Boeira B. V et al.. (2003) São Paulo, Editora Perspectiva.
- LAINÉ J., FINNE-SOVERI U.H., BJORKGREN M., LINNA M., NORO A., HAKKINEN U., 2005, "The association between quality of care and technical efficiency in long-term care". *Scand J Public Health*, 32(6): 464-471.
- LAURELL A. C. e WENCES M. I., 1994, "Do poverty programs alleviate poverty?" *Int. J. Health Serv.* 24:381-401.
- LAURELL A. C., 1976, "Enfermedad y Desarrollo: Analisis Sociológico de la Morbilidad en los Pueblos Mexicanos". *Rev. Mex. Cienc. Pol. Soc.*, 84:131-158.
- LÉON T.; LIERN V.; RUIZ J.R.; SIRVENT I., 2003, "A fuzzy mathematical programming approach to the assessment efficiency with DEA models". *Fuzzy Sets and Systems* 139: 407-419
- LEWIS, H.F. & SEXTON, T.R., 2004, "Network DEA: Efficiency Analysis of organizations with complex internal structure", *Computers and Operations Research*, 31: 1365-1410.
- LINNA M., 2000, "Health care financing reform and the productivity change in Finnish hospitals". *Journal of Health Care Finance; ABI/INFORM Global*; 26 (3): 83-100.

LINS M.P.E. e MEZA L.A., 2000, *Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente de Apoio à Decisão*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.

LINS M.P.E. ; LOBO M.S.C. ; FISZMAN R.; SILVA A. C. M., RIBEIRO, V.J.P., 2007, “O Uso da Análise Envoltória de Dados – DEA - para Avaliação de Hospitais Universitários Brasileiros”. *Revista Ciência e Saúde Coletiva*, 12 (4) : 985-998.

LINS M.P.E., SOLLERO M.K.V., CALÔBA G.M., MOREIRA DA SILVA A.C., 2007, “Integrating the regulatory and utility firm perspectives, when measuring the efficiency of electricity distribution”. *Eur J Oper Res.*, 181(3): 1413-1424.

LOBO M.S.C. e BORGES NETO B.A., 2007, “O Uso da Análise Envoltória de Dados para Avaliação de Hospitais de Ensino do Estado de São Paulo”. In: *Hospitais de Ensino no Estado de São Paulo*. . Eds. BITTAR O.J.N.V. e MAGALHÃES, A. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo/ Assessoria de Hospitais de Ensino.

LOBO, M. S. C.; BLOCH, K. V.; FISZMAN, R.; OLIVEIRA, M.R.; RIBEIRO, V.J.P., 2006, “Sistema de Informações dos Hospitais Universitários (SIHUF/MEC): um Banco de Dados Administrativo”. *Cadernos de Saúde Coletiva*, n. 14 (1), p. 149-162.

LOHR K. N. e STEINWACHS, 2002, “Health Services Research: an Evolving Definition of the Field”. *Health Services Research*, 37: 7-9.

LÖTHGERN, M. & TAMBOUR, M., 1999, “Productivity and customer satisfaction in Swedish pharmacies: a DEA Network model”, *Eur J Oper Res*, 115: 449-58.

LUOMA K.; JÄRVIÖ M.L.; SUONIEMI I.; HJERPPE R.T., 1996, “Financial Incentives and Productive Efficiency in Finnish Health Centres”. *Health Economics*, 5(5): 435-445.

LYNCH J.R. e OZCAN Y.A., 1994, “Hospital closure: an efficiency analysis”. *Hosp Health Serv Adm*, 39(2): 205-220.

MACHADO SP & KUCHENBECKER, 2007, Desafios e perspectivas futuras dos hospitais universitários no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*; Ago, vol.12, no.4, p.871-877. ISSN 1413-8123.

- MAGNUSSEN J. e NYLAND K., 2008, "Measuring efficiency in clinical departments". *Health Policy* [no prelo]
- MALMQUIST S., 1953, "Index Numbers and Indifference Surfaces". *Trabajos en Estadística*; 4: 209–242.
- MANIADAKIS N., HOLLINGWORTH B., THANASSOULIS E., 1999, "The impact of the internal market on hospital efficiency and service quality". *Health Care Management Science* 2:75-85.
- MATIDA A. H. e CAMACHO L. A. B., 2004, "Pesquisa Avaliativa e Epidemiologia: movimentos e síntese no processo de avaliação de programas de saúde". *Cad. Saúde Pública*, 20(1): 37-47.
- MAZO S., EMPARAN C., VALLEJO M., SORIANO P., 2007, "Hospital-in-the-home treatment of surgical infectious diseases: an economic analysis". *Surg Infect (Larchmt)*. 8(6): 567-574.
- MÉDICI A.C., 2001, "Hospitais Universitários: Passado, Presente e Futuro". *Rev Ass Méd Brasil*; 47(2): 149-156.
- MENESTREL M. Le e WASSENHOVE L. N. Van, 2004, "Ethics outside, within, or beyond OR models?" *Eur. J. Oper. Res.* 153: 477-484.
- MIDGLEY G. e OCHOA-ARIAS A. E. 1999, "Visions of community for community OR". *Omega, Int. J. Mgmt. Sci.*, 27: 159-274.
- MOBLEY L.R. e MAGNUSSEN J., 2002, "The impact of managed care penetration and hospital quality on efficiency in hospital staffing". *J Health Care Finance*, 28(4):24-42.
- MOREY R.C., FINE D.J., LOREE S.W., RETZLAFF-ROBERTS D.L., TSUBAKITANI S., 1992, "The trade-off between hospital cost and quality of care. An exploratory empirical analysis". *Med Care*, 30(8): 677-698.



MORGAN G., 1986, *Imagens da Organização*. Tradução: Cecília Whitaker Bergamini e Roberto Coda, São Paulo: Atlas (1996).

MORTIMER D. e PEACOCK S., 2002, "Hospital Efficiency Measurement: Simple Ratios versus Frontier Methods". *Centre for Health Program Evaluation, Working Paper* 135. 12 pp.

NATHANSON B.H., HIGGINS T.L., GIGLIO R.J., MUNSHI I.A., STEINGRUB J.S., 2003, "An exploratory study using data envelopment analysis to assess neurotrauma patients in the intensive care unit". *Health Care Management Science*, 6(1): 43-55.

NAYAR P. e OZCAN Y.A., 2008, "Data Envelopment Analysis Comparison of Hospital Efficiency and Quality". *J. Med Syst.* 32(3): 193-199.

NORMAN M. e STOKER B., 1991. *Data Envelopment Analysis, The Assessment of Performance*, J. Wiley and Sons.

NUNAMAKER T.R., 1983, "Measuring Routine Nursing Service Efficiency: a comparison of cost per patient day and data envelopment analysis models". *Health Serv Res.* 18(2 Pt 1): 183-208.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2001, *Report on WHO meeting of experts on the measurement of efficiency of health systems*. New Orleans, EUA.

O'NEILL L.; RAUNER M.; HEIDENBERGER K.; KRAUS M., 2007, "A cross-national comparison and taxonomy of DEA-based hospital efficiency studies". *Socio-Economic Planning Sciences*, 42: 158-189.

O'NEILL L. e DEXTER F., 2007, "Tactical increases in operating room block time based on financial data and market growth estimates from data envelopment analysis". *Anesth Analg*, 104(2): 355-368.

O'NEILL L. e DEXTER F., 2004, "Market capture of inpatient perioperative services using DEA". *Health Care Management Science*, 7(4): 263-273.

OZCAN Y. A., 2008, *Health Care Benchmarking and Performance Evaluation: An Assessment using Data Envelopment Analysis (DEA)*. Springer.

OZCAN Y. A., 1993, "Sensitivity Analysis of Hospital Efficiency under Alternative Output/Input Combinations and Peer Groupings". *International Journal of Knowledge and Policy*, 4:1-31.

PARKIN D. e HOLLINGWORTH., B., 1997, "Measuring production efficiency of acute hospitals in Scotland, 1991-1994: validity issues in data envelopment analysis". *Applied Economics*, 29(11): 1425-1434.

PIDD M., 1996, *Modelagem Empresarial: ferramentas para Tomada de Decisão*. Trad.: Gustavo Severo Borba *et al.* (1998) Porto Alegre, Editora Bookman.

PINILLOS M. e ANTOÑANZAS F., 2002, Primary Care: decentralization and efficiency. *Gac Sanit.* 16(5): 401-407.

PILYAVSKY A. e STAAT M., 2006, "Health Care in the CIS countries". *Eur J Health Econ*, 7(3): 189-195.

PILYAVSKY A.I., AARONSON W.E., BERNET P.M., ROSKO M.D., VALDMANIS V.G., GOLUBCHIKOV M.V., 2006, "East-west: does it make a difference to hospital efficiencies in Ukraine?" *Health Econ*, 15(11):1173-86.

PORTER M.E. e TEISBERG E.O., 2004, "Uma nova competição no setor saúde". *Harvard Business Review*. Junho: 55-67.

PRIETO, A.M. e ZOFIO, J.L., 2007, "Network DEA Efficiency in input-output models: With an application to OECD countries", *Eur J Oper Res*, 178: 292-304.

PRIOR D. e SOLÀ M., 2000, "Technical efficiency and economies of diversification in health care". *Health Care Management Science*, 3(4):299-307.

RETZLAFF-ROBERTS D., CHANG C., RUBIN R. M., 2004, "Technical efficiency in the use of health care resources: a comparison of OECD countries". *Health Policy* 69: 55-72.

RIVERA F. J. U., 1989, "Carlos Matus e o Planejamento Estratégico-Situacional". In: *Planejamento e Programação em Saúde: um enfoque estratégico*. São Paulo, Ed. Cortez.

RIVERA F. J. U., 2003, *Agir comunicativo e Planejamento Social (uma crítica ao enfoque estratégico)*. Rio de Janeiro, Editora FIOCRUZ.

RIVERA F. J. U. e ARTMANN E., 1999, "Planejamento e Gestão em Saúde: flexibilidade metodológica e agir comunicativo". *Ciência & Saúde Coletiva*, 4(2):355-365.

RIVERA F. J. U., 2003, *Análise Estratégica em Saúde e Gestão pela Escuta*. Rio de Janeiro, Editora FIOCRUZ.

ROSENHEAD J. e THUNHURST C., 1982, "A materialistic analysis of operational research". *J. Oper. Res. Soc.* 33: 111-122.

ROSENHEAD J., 2001, "Operational Research". In: *Studying the Organization and Delivery of Health Services*. FULOP, N.; ALLEN, P.; CLARKE, A.; BLACK, N. London, Routledge.

ROSKO M.D. e CHILINGERIAN J.A., 1999, "Estimating hospital inefficiency: Does case mix matter?" *J Med Syst* 23(1): 51-71.

SAMAJA J., 1993, *Epistemologia e Metodologia: Elementos para una Teoria de la Investigación Científica*. Eudeba, Buenos Aires.

SCHRAM F. R. e CASTIEL L. D., 1992, "Processo Saúde/Doença e Complexidade em Epidemiologia". *Cad. Saúde Pública*. 8(4): 379-390.

SCHREYÖGG J. e VON REITZENSTEIN C., 2008, "Strategic groups and performance differences among academic medical centers". *Health care Management Review*, 33(3): 225-233.

SENRA L.F.A.C.; NANCI L.C.; SOARES DE MELLO J.C.C.B.e ANGULO MEZA, L., 2007, "Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA". *Pesquisa Operacional*, 27(2): 191-207.

SHERMAN H.D., 1984, "Hospital Efficiency Measurement and Evaluation". *Medical Care*, 22(10): 922-939.

SHERMAN H.D. e ZHU J., 2006, "Applying DEA to Health Care Organizations". In: *Service Productivity Management: Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis*. New York, Springer.

SICILIANI L., 2006, "Estimating technical efficiency in the hospital sector with panel data: a comparison of parametric and non-parametric techniques". *Appli Health Econ Health Policy*, 5(2): 99-116.

SMITH P., 1995, "Large Scale Models and Large Scale Thinking: the Case of the Health Services". *Omega, Int. Mgmt. Sci.* 23(2): 145-157.

SOMMERSGUTER-REICHMANN M., 2000, "The impact of the Austrian hospital financing reform on hospital productivity: empirical evidence on efficiency and technology changes using a non-parametric input-based Malmquist approach". *Health Care Management Science*. 3: 309–321.

SOUZA L.E.P.F e CONTANDRIOPOULOS A-P., 2004, "O uso de pesquisas na formulação de políticas de saúde: obstáculos e estratégias". *Cad. Saúde Pública*.20(2): 546-554.

SOUZA CAMPOS W.J. 1999, "Educação Médica, Hospitais Universitários e Sistema Único de Saúde". *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 15(1): 187 – 193.

SUSSER M. e SUSSER E., 1996, "Choosing a Future for Epidemiology: I. Eras and Paradigms". *Am. J. Public Health*, 86(5): 668-673.

TEIXEIRA C. F., 1999, "Epidemiologia e Planejamento de Saúde". *Ciência e Saúde Coletiva*. 4(2): 287-303.

TONE, K. & TSUTSUI, M., 2008, "Network DEA: A slacks-based measure approach", *European Journal of Operations Research*, doi: 10.1016/j.ejor.2008.05.027.

TSAI P.F. e MOLINERO C.M., 2002, "A variable returns to scale data envelopment analysis model for the joint determination of efficiencies with an example of the UK health service". *European Journal of Operations Research*, 141:21-38.

VALDMANIS V., KUMANARAYAKE L., LERTIENDUMRONG J., 2004, "Capacity in Thai public hospitals and the production of care for poor and nonpoor patients". *Health Serv Res*, 39(6 Pt 2): 2117-2134.

VIDAL R. V. V., 2006, "Operational Research: a Multidisciplinary Field". *Pesquisa Operacional*: 26(1): 69-90.

VITIKAINEM K., STREET A., LINNA M., 2008, "Estimation of Hospital efficiency-do different definitions and case mix measures for hospital output affect the results?" *.Health Policy*, [no prelo].

WALLACE W.A., 1994, *Ethics in modeling*. Pergamon, New York.

**ANEXO I: Fundamentos Teóricos e Modelos Clássicos DEA; Principais Restrições Aplicadas na Saúde.**

## ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (*DATA ENVELOPMENT ANALYSIS/ DEA*) FUNDAMENTOS TEÓRICOS E MODELOS CLASSICOS<sup>48</sup>

### A) Histórico

O economista Vilfredo Pareto criou o conceito de economia do bem estar, no qual definiu um vetor cujos componentes eram as utilidades de todos os consumidores. O objetivo dos consumidores seria maximizar seu vetor de utilidades. A chamada eficiência do bem estar, segundo seus preceitos, só seria atingida por um vetor de utilidades se fosse impossível aumentar uma das componentes deste vetor sem que piorasse (diminuísse) qualquer uma das outras componentes.

Foi o também economista Tjalling Koopmans que trouxe os conceitos de Pareto para o ambiente produtivo. O vetor de *outputs* seria limitado à disponibilidade de recursos (*inputs*) como trabalho, capital, matérias primas, etc. A junção da definição de um vetor eficiente de Pareto com a aplicação à produção de Koopmans originou o conceito de eficiência Pareto-Koopmans, sobre o qual estão apoiados várias concepções de DEA. A eficiência Pareto-Koopmans pode ser definida da seguinte forma:

**“Uma DMU é completamente eficiente se e somente se não é possível melhorar nenhum *input* ou *output* sem que se piore qualquer outro *input* ou *output*”.**

Entretanto, o trabalho de Pareto e Koopmans apresentava duas características limitantes: a primeira, o fato de que a abordagem era essencialmente conceitual (ainda não aplicável a dados reais de *input* e *output*). Além disso, apesar de ser uma forma de se medir a eficiência técnica, não determinava uma maneira de se medir o grau de ineficiência de um vetor. Esta última limitação foi superada com o trabalho de DEBREU (1951 apud COOPER *et al.*, 2000) no qual era criado um índice de eficiência: o coeficiente de utilização de recursos. Segundo Debreu, um vetor só poderia ser considerado eficiente se não fosse possível reduzir equiproporcionalmente os *inputs*, isto é, reduzi-los multiplicando-os por um mesmo coeficiente. Debreu introduziu, portanto, a medida radial de eficiência técnica (cálculo de eficiência que se tornou referência para os modelos clássicos DEA).

A primeira limitação foi solucionada através do trabalho de FARRELL (1957 apud COOPER *et al.*, 2000), que mostrou como esses conceitos podiam ser aplicados

---

<sup>48</sup> Baseada nas publicações: COPPER, W.W., SEIFORD, L.M., TONE, K., 2000, *Data Envelopment Analysis, A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Boston, Kluwer Academic Publishers. LINS, M.P.E., MEZA, L.A., 2000, *Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente de Apoio à Decisão*, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ. E sintetizadas em: AREAS D.B., 2005. *Avaliação do Ensino Superior da Engenharia de Produção da UFRJ usando DEA e uma Abordagem Qualitativa*. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Produção/COPPE/UFRJ.

a dados reais (vetores reais de *input* e *output*) para o cálculo de eficiências relativas. M.J. Farrell também propunha a medição de eficiência através de uma redução equiproporcional de todos os *inputs*, mantidos os *outputs* constantes. Os procedimentos e definições desenvolvidos por Farrell e Debreu foram de fundamental importância para o surgimento da metodologia DEA.

O marco inicial de DEA ocorreu em 1978. Naquele ano, Edward Rhodes realizava pesquisa para a obtenção do grau de Ph.D. na *Carnegie Mellon University's School of Urban and Public Affairs*, sob a supervisão de W.W. Cooper. Rhodes naquela ocasião media a eficiência de programas educacionais implementados pelo Governo Federal para crianças carentes, utilizando como *outputs* variáveis como “melhoria de auto-estima medida em testes psicológicos” e “habilidade psicomotora”, e *inputs* como “número de professores-hora” e “tempo gasto pela mãe em leituras com o filho”. Foi partindo do artigo “*Measurement of Productive Efficiency*”, de FARRELL (1957 apud COOPER *et al.*, 2000) que CHARNES, COOPER e RHODES (1978 apud COOPER *et al.*, 2000) elaboraram o primeiro modelo DEA conhecido, o CCR (sigla que designa as iniciais dos seus autores). Foi neste primeiro artigo que o termo *Decision Making Units* foi utilizado e a medição de eficiência através de uma razão entre *outputs* ponderados e *inputs* ponderados foi determinada.

O modelo CCR era, na realidade, uma generalização do método originalmente apresentado por Farrell, de medição de eficiência técnica para o caso da existência de um único vetor de *inputs* e um único vetor de *outputs*. Charnes, Cooper e Rhodes o estenderam para a possibilidade do cálculo utilizando-se múltiplos *inputs* e *outputs*, através da construção de um único *input* e um único *output*, ditos “virtuais”. No artigo seguinte, CHARNES, COOPER e RHODES (1981 apud COOPER *et al.*, 2000) não apenas introduziam o nome *Data Envelopment Analysis* para os conceitos apresentados no primeiro artigo, como também exploravam as relações duais do modelo, incentivando a pesquisa de novos métodos e aplicações.

## **B) Conceitos Gerais**

*Data Envelopment Analysis* (DEA - Análise Envoltória de Dados) é uma técnica de programação matemática voltada para a medição de eficiência relativa em organizações. Baseada em programação linear, DEA mede a eficiência relativa de cada uma das unidades de tomada de decisão (*Decision Making Units*) pertencentes a grupo homogêneo de unidades, usando dados reais de *inputs* (recursos investidos) e de *outputs* (resultados obtidos), medidos durante um determinado período de atividade. Por grupo homogêneo, entenda-se um conjunto de unidades que realizam



as mesmas tarefas com os mesmos objetivos, dentro das mesmas condições e utilizando as mesmas variáveis de *input* e *output*, porém com magnitudes diferentes.

O índice de eficiência de cada uma das unidades de tomada de decisão (*Decision Making Units*) do grupo é calculado pela resolução de um problema de programação linear, um para cada unidade, que fornecerá pesos a serem alocados a cada um dos fatores de produção (*inputs* e *outputs*). Esses pesos (também chamados de multiplicadores) representam o grau de influência de cada um dos fatores na medição de eficiência da DMU.

DEA constrói ainda uma fronteira de eficiência, linear por partes (*piece-wise linear*), isto é, formada por segmentos de reta lineares. Essa fronteira é composta pelas unidades de melhor prática, ou seja, que obtiveram melhor desempenho comparativamente às demais unidades do universo estudado. Abaixo e à direita da fronteira eficiente, encontram-se as DMUs que desenvolvem atividades com excesso de *inputs* ou com falta de *outputs*, constituindo-se o Conjunto de Possibilidades de Produção (CPP) da tecnologia que originou as combinações *input-output* observadas. Pressupõe-se, dessa forma, que são possíveis e viáveis quaisquer vetores *input-output* que estejam localizados dentro do CPP.

Uma unidade é dita eficiente se o seu *score* de eficiência é 1 (ou 100%), e está posicionada na fronteira eficiente (embora possa estar posicionada numa região Pareto-Koopmans ineficiente, como será explicitado mais adiante). Qualquer DMU que possua um *score* de eficiência menor que 1 (ou 100 %) é considerada ineficiente e está localizada abaixo da fronteira (o nome de metodologia, Análise Envoltória de Dados, deriva do fato de que a fronteira eficiente “envolve” as DMUs consideradas ineficientes). Uma ineficiência de, por exemplo, 0,8 (80 %), significa que a DMU que a obtém deve aumentar seus *outputs* - ou reduzir seus *inputs* - em 20 % para alcançar a fronteira. Note-se que a ineficiência é também um conceito relativo, determinado pela comparação com um conjunto de unidades eficientes.

Uma das grandes vantagens que DEA oferece é a de apontar caminhos para o aperfeiçoamento do desempenho para as unidades ineficientes, através da comparação com unidades eficientes localizadas sobre a fronteira de eficiência, que se tornam dessa forma suas unidades “referentes” (compõem seu conjunto de referência). São essas DMUs *benchmarks* que determinam a magnitude da ineficiência das demais DMUs e que fornecem os valores ideais de *inputs* e *outputs* que a unidade ineficiente deve atingir para ingressar na fronteira eficiente.

### C) O modelo CCR – Modelo dos Multiplicadores

O modelo CCR consiste na generalização do método de análise de eficiência idealizado por Farrel, com a análise do desempenho de cada uma das unidades observadas, considerando múltiplos *inputs* e *outputs*, transformados num único *input* “virtual” e um único *output* “virtual”. A eficiência relativa de cada unidade é calculada pela solução de um problema de programação matemática, uma para cada unidade do grupo. Esse problema poderia ser resumido da seguinte forma:

- Maximizar a eficiência da unidade  $j_0$
- Sujeito à condição de que a eficiência de todas as unidades  $\leq 1$

A eficiência da unidade é dada pela razão entre o somatório dos *outputs* ponderados (*output* virtual) e o somatório dos *inputs* ponderados (*input* virtual), sendo essa ponderação obtida através dos pesos (também chamados de multiplicadores) aplicados a cada um dos fatores ou variáveis de decisão do modelo. Desta forma, a formulação que mede a eficiência de uma DMU pela razão entre *outputs* e *inputs* ponderados é conhecida como Modelo dos Multiplicadores. Os pesos determinados pelo modelo devem ser tais que maximizem a eficiência da DMU sob análise, desde que sejam também viáveis para todas as demais DMUs (razão entre *output* e *input* virtual inferior a 1,0).

Essa é a formulação do Modelo dos Multiplicadores:

$$\text{Max } \frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \dots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mo}} \quad (1)$$

s.a.

$$\frac{u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1; (j = 1, \dots, n) \quad (2)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \quad (3)$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0 \quad (4)$$

O modelo, assim, está formulado como um Problema de Programação Fracionária. Em COOPER *et al.* (2000), encontramos uma forma de transformar o modelo em um Problema de Programação Linear, fixando o denominador da função objetivo em um valor constante, passando-o para as restrições, e linearizando as restrições correspondentes às eficiências das DMUs do universo.

Abaixo, a formulação matemática já transformada em Problema de Programação Linear:

$$\text{Max} \quad u_1 y_{10} + \dots + u_s y_{s0} \quad (5)$$

s.a.

$$v_1 x_{10} + \dots + v_m x_{m0} = 1 \quad (6)$$

$$u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}; (j = 1, \dots, n) \quad (7)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \quad (8)$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0 \quad (9)$$

A solução do problema acima retorna os pesos relativos (multiplicadores) para os *inputs* e *outputs* que maximizam a eficiência da unidade  $j_0$  relativamente a todas as outras unidades. Se esse valor de eficiência é um, a unidade da função objetivo é eficiente em relação às outras unidades. Se esse valor é menor que um, a unidade é considerada ineficiente.

O modelo CCR também é conhecido como CRS, *Constant Returns to Scale* (Rendimentos Constantes de Escala). Admitindo-se a existência de rendimentos constantes de escala, a fronteira de eficiência é construída de forma a que um aumento nos *inputs* de uma unidade resulte num aumento proporcional em seus *outputs*. Também determina que qualquer ponto pertencente a um segmento de reta que una a origem a um ponto viável, também seja um ponto viável. Essa propriedade é conhecida como a do Raio Ilimitado (uma das propriedades desejáveis para o Conjunto de Possibilidades de Produção, que serão definidas mais adiante).

Outra importante característica do modelo CCR é que os *escores* de eficiência das DMUs são independentes das unidades de medida das variáveis de *input* e *output*. Isso ocorre porque as unidades de medida dos fatores são as mesmas para todas as DMUs. Esta propriedade (*units invariance*) é respeitada por quase todos os modelos DEA ditos “clássicos”.

#### **D) Conjunto de referência**

Analisando-se à luz do Problema de Programação Linear, o conjunto de referência é composto pelas DMUs que obtêm eficiência 100% com os pesos que maximizam a eficiência da DMU analisada. Para cada DMU tida como ineficiente, a técnica DEA aponta quais os valores de *inputs* e de *outputs* que a unidade deve atingir para ingressar na fronteira de eficiência. Esses valores (que representam um ponto de projeção na fronteira) são obtidos através de uma combinação linear dos valores de *inputs* e *outputs* de um conjunto de DMUs eficientes. Essas DMUs eficientes compõem o conjunto de referência (“*reference set*” ou “*peer group*”, na

literatura) da DMU ineficiente; as unidades *benchmarks* desse conjunto determinam a magnitude da ineficiência da DMU. A DMU é projetada radialmente sobre a fronteira eficiente, e o ponto de projeção é atingido após a eliminação de ineficiências que ainda permaneçam nas variáveis.

### E) Modelo CCR – Modelo do Envelope

A compreensão do modelo dual ao modelo dos multiplicadores – o modelo do envelope – é muito importante para se entender o funcionamento da metodologia DEA, a aferição de *scores* de eficiência, a definição dos conjuntos de referência das DMUs ineficientes e os valores-alvo para os fatores. Antes, algumas definições serão introduzidas.

Uma atividade é um par de vetores de *inputs*  $\mathbf{x}$  e *outputs*  $\mathbf{y}$ . O conjunto de atividades viáveis é chamado Conjunto de Possibilidades de Produção (CPP), para o qual definimos as seguintes propriedades desejáveis (LINS e MEZA, 2000; COOPER *et al.*, 2000):

- a) As atividades observadas  $(\mathbf{x}_j, \mathbf{y}_j)$  ( $j=1, \dots, n$ ) pertencem a CPP;
- b) Qualquer combinação linear convexa de atividades pertencentes ao CPP também pertence ao CPP;
- c) Qualquer atividade com *input* não menor que  $\mathbf{x}$  em qualquer componente e com *output* não maior que  $\mathbf{y}$  em qualquer componente é viável;
- d) Se uma atividade  $(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  pertence a P, então a atividade  $(t\mathbf{x}, t\mathbf{y})$  também pertence a CPP, para qualquer  $t$  escalar positivo (propriedade apenas válida para o modelo que admite rendimentos constantes de escala – também conhecida como Propriedade do Raio Ilimitado).

Combinando os conjuntos de dados em matrizes  $\mathbf{X} = (\mathbf{x}_j)$  e  $\mathbf{Y} = (\mathbf{y}_j)$ , as quatro propriedades acima descritas podem ser resumidas da seguinte forma:

$\{(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \text{ pertence a CPP sss } \mathbf{x} \geq \mathbf{X}\boldsymbol{\lambda} \text{ e } \mathbf{y} \leq \mathbf{Y}\boldsymbol{\lambda}, \boldsymbol{\lambda} \geq 0, \text{ onde } \boldsymbol{\lambda} \text{ é um vetor semipositivo em } \mathbb{R}^n\}$

Em outras palavras, um novo vetor de *inputs* e *outputs*  $(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  só será viável (ou seja, pertencerá ao Conjunto de Possibilidades de Produção) se existir uma combinação linear de *inputs* e *outputs* de DMUs observadas tal que este novo vetor consuma *inputs* em nível maior ou igual, e produza *outputs* em nível menor ou igual do que aqueles da combinação linear.

O modelo CCR do envelope é abaixo demonstrado:

Min  $h$

s.a.

$$hx_{ro} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{rj}; (r = 1, \dots, m) \quad (10)$$

$$y_{io} \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij}; (i = 1, \dots, s) \quad (11)$$

$$\lambda_j \geq 0, \forall j \quad (12)$$

$$h \geq 0 \quad (13)$$

Este é o modelo orientado a *input*. Nessa orientação, a medição de eficiência é baseada na máxima possibilidade de redução equiproporcional dos *inputs*, mantendo-se os *outputs* constantes, de maneira a manter a DMU dentro do Conjunto de Possibilidades de Produção. Assim, os modelos radiais calculam a eficiência da DMU segundo os preceitos desenvolvidos por Debreu e Farrell.

Pelo Teorema da Dualidade Forte, sabemos que o resultado da função objetivo na solução ótima do primal é igual ao da solução ótima do dual. Portanto, o valor de  $h$  no modelo do envelope também fornece o *score* de eficiência da DMU sendo analisada, além de ser o coeficiente que, ao ser multiplicado pelo vetor de *inputs*, projeta a DMU ineficiente na fronteira.

O valor de  $h$  varia de 0 a 1 (tal como a eficiência medida pelo Modelo dos Multiplicadores). O valor de 1 obtido para  $h$  demonstra a impossibilidade de se reduzir os *inputs* e ao mesmo tempo manter a DMU analisada dentro do CPP, indicando que esta DMU está posicionada sobre a fronteira eficiente. Porém, isso não garante que a DMU esteja posicionada sobre uma região da fronteira Pareto-Koopmans eficiente, podendo haver evidência de um excesso de *inputs* e/ou falta de *outputs*.

Se o valor de  $h$  obtido for menor que 1, a DMU analisada é ineficiente e é possível uma redução equiproporcional de seus *inputs* (pela multiplicação pelo valor de  $h$ ), mantendo seus *outputs* constantes e ao mesmo tempo mantendo-a dentro do CPP. A permanência de excesso de *inputs* e falta de *outputs* após a redução equiproporcional de *inputs* indica que a DMU ineficiente foi projetada numa região da fronteira Pareto-Koopmans ineficiente.

A primeira relação de dualidade entre os dois modelos indica que as variáveis de decisão  $\lambda$  do modelo do envelope correspondem às restrições do modelo dos

multiplicadores. Dessa forma, pelas Condições de Complementaridade de Folga, a multiplicação dos  $\lambda$  do modelo do envelope pelas folgas das restrições correspondentes do modelo dos multiplicadores precisa ser zero.

Assim, a não existência de folga numa restrição do modelo dos multiplicadores indica que a DMU correspondente é eficiente nesse modelo, e que o  $\lambda$  correspondente a ela no modelo do envelope forçosamente precisa ser diferente de zero. Portanto, apenas as DMUs eficientes no modelo dos multiplicadores entram no cálculo da eficiência da DMU sob análise, constituindo-se nas componentes de seu conjunto de referência (suas unidades “*benchmarks*”).

A segunda relação de dualidade entre os dois modelos indica que as variáveis de decisão do modelo dos multiplicadores (os pesos) correspondem às restrições do modelo do envelope (as que comparam a DMU sendo analisada com uma combinação linear de outras DMUs). Novamente, pelas Condições de Complementaridade de Folga, a multiplicação dos pesos pelas folgas (aqui chamadas de “*slacks*”) correspondentes das restrições do modelo do envelope precisa ter resultado zero. Conclui-se, portanto, que se uma variável possui peso zero, ela possui um “*slack*” diferente de zero, o que está associado a uma ineficiência do mix, adiante explicada.

Resumindo as relações duais entre os Modelos dos Multiplicadores e do Envelope:

**Folga no Modelo dos Multiplicadores (restrição do primal) X  $\lambda$  (variável dual) = 0**  
**Peso do Modelo dos Multiplicadores (variável primal) X folgas (restrição dual) = 0**

#### **F) Eficiência Técnica e Ineficiência do mix**

O modelo orientado a *input* calcula o *escore* de eficiência da DMU de acordo com a sua possibilidade de redução dos *inputs* equiproporcionalmente, mantendo os *outputs* constantes, de forma a manter a DMU dentro do Conjunto de Possibilidades de Produção (cálculo realizado pelo Modelo do Envelope). Porém, a projeção da DMU na fronteira pode não ser suficiente para eliminar todas as ineficiências. Podem permanecer nos fatores *slacks* que precisam ser eliminados para que a DMU se torne totalmente eficiente. A existência de uma ineficiência do mix (associada a um *slack*) indica que é possível uma melhoria em algum fator sem que se piore algum outro, ou seja, é possível uma adicional melhoria que alteraria a proporção entre os fatores.

Ou seja, uma DMU que tenha tido como resultado o *escore* máximo pode ter atingido o que é chamada de eficiência “técnica”, também chamada de eficiência radial, eficiência fraca ou eficiência de Farrell. Mas se, após a redução

equiproporcional dos *inputs*, ainda permanecerem *slacks* em variáveis, a DMU não atingiu a eficiência Pareto-Koopmans, ou seja, é possível uma adicional redução em algum dos *inputs* (ou um adicional aumento em algum dos *outputs*), sem que nenhum dos outros fatores se altere. Esta existência de *slacks* é chamada de ineficiência do *mix*. Geometricamente, a projeção da DMU se dá em região Pareto-Koopmans ineficiente. Como a existência de *slacks* implica na existência de pesos zero aplicados às variáveis correspondentes (pelas Condições de Complementaridade de Folga), o hiperplano suporte (lugar geométrico das DMUs do conjunto de referência da DMU sendo analisada, e de sua projeção na fronteira) é paralelo a um dos eixos.

Resumindo, as coordenadas da projeção de uma DMU ineficiente numa região Pareto-eficiente podem ser obtidas multiplicando-se os *inputs* equiproporcionalmente por um mesmo fator e diminuindo os *slacks* que permaneçam nas variáveis; e somando-se aos *outputs* os *slacks* nas variáveis correspondentes que porventura existirem. Essa projeção é igual a uma combinação linear das DMUs de seu conjunto de referência.

### G) O modelo BCC

Depois do modelo CCR, o mais conhecido modelo elaborado para a técnica DEA foi o modelo BCC, inicialmente apresentado por BANKER, CHARNES e COOPER (1984 apud COOPER *et al.*, 2000). O modelo BCC considerava a hipótese da existência de rendimentos variáveis de escala na fronteira eficiente. Por conta disso, o modelo BCC também é conhecido como VRS (*Variable Returns to Scale*).

Isso implica na eliminação da quarta propriedade (Raio Ilimitado) do Conjunto de Propriedades Desejáveis do Conjunto de Possibilidades de Produção. Com isso, é adicionada uma restrição de convexidade com que as DMUs podem ser combinadas no cálculo da eficiência. A diferenciação entre o modelo CCR do envelope e o modelo BCC está, portanto, na inclusão da seguinte restrição:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (14)$$

A inclusão desta restrição no modelo do envelope implica no aparecimento de uma variável dual livre no modelo dos multiplicadores (chamada de intercepto). O modelo dos multiplicadores, portanto fica da seguinte forma (já linearizado e formulado como um Problema de Programação Linear, tal como no modelo CCR):

$$\text{Max} \quad \sum_{i=1}^s u_i y_{io} + u^* \quad (15)$$

s.a.

$$\sum_{r=1}^m v_r x_{r0} = 1 \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^s u_i y_{ij} - \sum_{r=1}^m v_r x_{rj} + u^* \leq 0; (j = 1, \dots, n) \quad (17)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (18)$$

$$u_i, v_r \geq 0 \quad (19)$$

$$u^* \text{ irrestrito} \quad (20)$$

A fronteira de eficiência passa a apresentar regiões onde existem rendimentos variáveis de escala porque a restrição de convexidade faz com que o Conjunto de Possibilidades de Produção seja uma combinação linear convexa das DMUs do universo, com o CCP sendo complementado com segmentos de reta que indiquem um excesso de *inputs* e uma falta de *outputs*, respeitando dessa forma as Propriedades Desejáveis “b” e “c” para o CPP.

Algumas variações do modelo BCC surgem com o relaxamento da restrição de convexidade, sendo esta transformada em inequação, considerando porções específicas da fronteira, como apenas rendimentos crescentes ou constantes de escala (Modelo com Rendimentos Crescentes de Escala ou IRS – *Increasing Returns-to-Scale*; Equação 21) ou rendimentos decrescentes ou constantes de escala (Modelo com Rendimentos Decrescentes de Escala ou DRS – *Decreasing Returns-to-Scale* ou NIRS – *Non-Increasing Returns-to-Scale*; Equação 22).

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \geq 1 \quad (21)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1 \quad (22)$$

Em ambos os casos, as regiões nas quais existem rendimentos constantes de escala são aquelas em que as fronteiras BCC e CCR coincidem. Neste caso, os *scores* obtidos no modelo BCC são semelhantes aos do modelo CCR.



## H) Eficiência de escala: Relação CCR/BCC

Em muitos casos, a ineficiência de uma DMU não é apenas derivada de práticas gerenciais e operacionais (ineficiência técnica), mas de sua escala de produção.

O modelo CCR corresponde à fronteira que apresenta rendimentos constantes de escala. Portanto, uma unidade que seja eficiente segundo o modelo CCR ou um ponto que corresponda à projeção de uma unidade ineficiente sobre a fronteira CCR, operam numa região de produtividade ótima, chamada de Tamanho de Escala Mais Produtivo (MPSS – *Most Productive Scale Size*). Por isso, o índice de eficiência CCR é chamado de eficiência técnica global, pois não faz distinção entre a ineficiência técnica e a ineficiência de escala. No modelo BCC, como sua fronteira apresenta rendimentos variáveis de escala, ao rodar o modelo é possível diferenciar entre os dois tipos de ineficiência. Uma DMU posicionada sobre a fronteira BCC apresenta eficiência técnica, mas pode não apresentar eficiência de escala (pode não estar operando no MPSS). Por esta razão, o índice de eficiência BCC é chamado de eficiência pura técnica local.

Mede-se a eficiência de escala de uma DMU através da razão entre os dois índices:

$$\boxed{\text{Eficiência de escala} = [\text{índice de eficiência CCR}] / [\text{índice de eficiência BCC}]} \quad (23)$$

O valor da eficiência de escala calculada pela razão acima varia de 0 a 1. O valor máximo é obtido pela DMU quando ela está posicionada na região MPSS, isto é, quando ela está posicionada numa região em que as fronteiras CCR e BCC coincidem e o *score* de eficiência medido pelos dois modelos é o mesmo. A partir da equação (23) pode-se derivar o seguinte cálculo de eficiência técnica:

$$\boxed{[\text{Efic. Técnica (índice CCR)}] = [\text{Efic. Técnica Pura (índice BCC)}] \times \text{Eficiência de Escala}} \quad (24)$$

Portanto, uma DMU posicionada sobre a fronteira BCC apresenta uma eficiência técnica pura, mas só apresentará eficiência de escala (isto é, estará operando na região MPSS) se e somente se estiver localizada numa região em que as fronteiras BCC e CCR coincidem.

## PRINCIPAIS RESTRIÇÕES AOS PESOS USADAS NAS APLICAÇÕES DA SAÚDE

A incorporação do julgamento de valor nos modelos DEA, mediante o uso das restrições aos pesos, pode ser considerada uma garantia de sucesso para as aplicações nos ambientes organizacionais da vida real. As restrições permitem: a) incorporar visões *a priori* sobre as variáveis de *input* e de *output*, e sobre as suas relações entre si; b) incorporar visões *a priori* sobre unidades eficientes e ineficientes; c) aumentar o poder de discriminação dos modelos. As principais técnicas hoje utilizadas nas aplicações de DEA na saúde são:

### A) Regiões de Segurança (*Assurance Regions*)

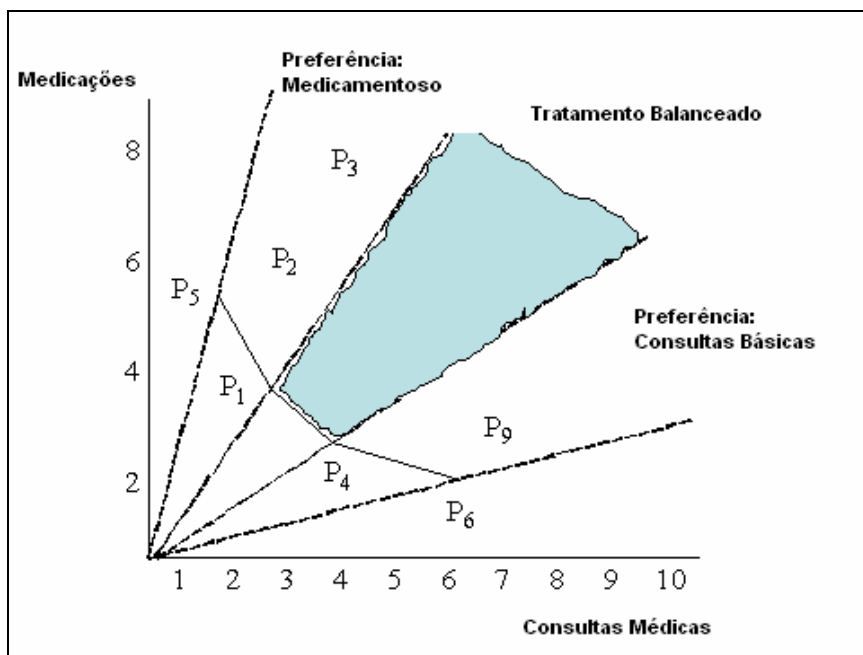
As Regiões de Segurança determinam o intervalo dentro do qual a relação entre os pesos atribuídos a duas variáveis quaisquer (de *inputs* ou de *outputs*) pode variar. Refletem a taxa marginal de substituição para os pesos das duas variáveis envolvidas, sendo usual que o limite inferior ou o superior seja omitido. A sua forma mais usual é:

$$L_{1,2} \leq \frac{v_2}{v_1} \leq U_{1,2} \quad (25)$$

Onde L = Limite Inferior; U = Limite Superior e  $v_1$  e  $v_2$  são pesos ou multiplicadores (no caso, de *inputs*)

A partir desta restrição imposta, é definida geometricamente uma região preferencial da fronteira, onde são observadas as práticas ideais do modelo de produção sob avaliação, conforme figura abaixo. Na Figura, retirada de uma apresentação do prof. Yasar Ozcan (2008), há duas categorias de *inputs* para avaliação do desempenho de médicos no tratamento de otite média: volume de medicações prescritas e número de consultas médicas de atenção básica. Neste modelo orientado a *input*, uma vez fixado o *output* (pacientes curados, de acordo com o nível de gravidade), a fronteira passa por P5, P1, P4, P6, mas podem ser definidas práticas preferenciais ou estilos de conduta. Ou seja, pode haver regiões preferenciais dentro de uma mesma fronteira de melhores práticas. No exemplo dado, o tratamento balanceado significa a redução dos custos de tratamento em até 93 dólares para cada médico eficiente, sem alteração da qualidade do tratamento.

Este aspecto é particularmente útil em processos de negociação entre órgão regulador e gestor, para a interpretação dos impactos quando da projeção em diferentes regiões da fronteira.



**B) O Método de Participação Virtual: p- virtual.**

O enfoque anterior impõe restrições nos pesos sem considerar a magnitude dos *inputs* utilizados ou dos *outputs* produzidos pela DMU sob estudo. No entanto, é importante lembrar que a contribuição do *input*  $i$  à DMU é  $V_i X_{i0}$ , ou seja, depende do produto: peso  $\times$  variável. Se desejarmos incluir somente *inputs* e *outputs* que contribuem “de maneira significativa” aos custos totais ou benefícios relevantes para uma DMU, pode-se dizer que as restrições dos pesos devem ser determinadas levando em consideração os níveis dos *inputs* e *outputs* da DMU (e não somente os pesos).

Ao invés de restringir os valores dos pesos, pode-se restringir a proporção do *input* virtual total da DMU  $j$  utilizado, ou seja, a “importância” relacionada à variável é determinada pelo decisor ou usuário. Uma aplicação da análise de p-virtual foi apresentada na Seção: 4.3.2 e na Seção 4.5 da presente tese. Assim, a restrição no *input* virtual é da forma:

$$L \leq \frac{X_1 U_1}{X_1 U_1 + X_2 U_2} \leq U \quad (26)$$

Onde  $L$  = Limite Inferior;  $U$  = Limite Superior e  $X_1 U_1$  é o produto variável  $X$  peso ou multiplicador. No denominador, está o somatório do conjunto de produtos para todas as variáveis de *input*, no caso.