



SPOLM2009

ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 05 e 06 de agosto de 2009.

## **032/2009 - ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS NA AVALIAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES DE SAÚDE: O CASO DE UM INSTITUTO DE PESQUISA CLÍNICA**

**Marcelino José Jorge**

FIOCRUZ - Av. Brasil, 4365 – Manguinhos, Rio de Janeiro/RJ – CEP: 21040-360  
marcelino@ipec.fiocruz.br

**Frederico A. de Carvalho**

UERJ - R. Sá Viana, 99/502 – Grajau, Rio de Janeiro/RJ – CEP: 20540-260  
fdecarv@msn.com

**Marina Filgueiras Jorge**

IPEA – Av. Presidente Antônio Carlos, 51 – Centro, Rio de Janeiro/RJ – CEP: 20020-010  
marina\_filgueiras@yahoo.com.br

**Marcelo Pereira de Carvalho**

MARINHA DO BRASIL; UERJ - Av. Gastão Senges 245/906 – CEP: 22631-280  
mpcarva@globo.com

**Luciana Cavalcanti de Melo**

FIOCRUZ - Av. Brasil, 4365 – Manguinhos, Rio de Janeiro/RJ – CEP: 21040-360  
luciana.melo@ipec.fiocruz.br

### **Resumo**

O objetivo deste trabalho é o de avaliar a estratégia adotada no Instituto de Pesquisa Clínica Evandro Chagas da Fundação Oswaldo Cruz – IPEC/FIOCRUZ para promover a pesquisa estratégica em saúde através de ações integradas (PAIs) de pesquisa clínica de doenças infecciosas. Foi avaliado o desempenho de oito PAIs no período 2002–2008, usando a Análise Envoltória de Dados – DEA para calcular uma fronteira de eficiência não-estocástica. O modelo DEA permitiu discriminar as ações integradas do IPEC entre ações eficientes e ineficientes e indicou os planos de operação de curto prazo capazes de conduzir as PAIs ineficientes à fronteira eficiente. Utilizando a hipótese markoviana na análise da transição das ações integradas avaliadas entre os estados de eficiência e ineficiência determinou-se que, a longo prazo, o número de PAIs ineficientes poderá aumentar, caso não sejam adotadas medidas gerenciais corretivas. A conclusão do trabalho é a de que a aplicação do modelo DEA e da hipótese markoviana na análise dinâmica do desempenho das PAIs traz importantes elementos para a avaliação do modelo de gestão do IPEC através da análise de eficiência.

**Palavras-Chaves:** Pesquisa clínica. Avaliação de desempenho. Análise de eficiência. Análise Envoltória de Dados.

### **Abstract**

The paper aims to assess the strategy for structuring of IPEC in Integrated Action Programs (briefly, PAIs), encompassing research, teaching, and health services, which was adopted in order to adapt the organization to the result oriented management model. The performance of eight PAIs was evaluated in the period 2002-2008, using Data Envelopment Analysis – DEA for the calculation of a non-stochastic efficiency's border. Aiming to propose pro-efficiency targets for each non-efficient PAIs, the DEA model suggested the required alterations in operation plans. Markovian analysis then indicated that the number of inefficient PAIs will increase. Conclusions are in the sense that these models may contribute to promote pro-efficiency allocative solutions and comprehensive assessment of PAIs performance.

**Keywords:** Clinical research. Performance assessment. Efficiency analysis. Data Envelopment Analysis

## 1. INTRODUÇÃO

A adoção dos princípios de administração pública gerencial na reforma do Estado introduziu a gestão segundo resultados nas organizações de saúde e trouxe crescente interesse por métodos de mensuração de *performance*. (SILVA; FORMIGLI, 1994).

Essa preocupação deu origem à mudança do modelo de gestão da Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ a partir de 1994, que resultou em descentralização gerencial combinada com a adoção de um mecanismo de incentivo em que a avaliação de *performance* tornou-se a referência para a distribuição interna dos recursos do seu orçamento geral.

Em consequência, o Instituto de Pesquisa Clínica Evandro Chagas – IPEC, uma das Unidades Técnico-Científicas da FIOCRUZ, que atua nas áreas de pesquisa, ensino e assistência de doenças infecciosas, adotou o modelo de descentralização gerencial, de forma que o objetivo deste artigo é o de apresentar, com o auxílio do método de Análise de Envoltória de Dados – DEA (Data Envelopment Analysis), uma avaliação da *performance* das principais ações integradas (PAIs) de pesquisa clínica de doenças infecciosas deste Instituto.

O texto está organizado em cinco seções, além da bibliografia. A seção a seguir é dedicada à formulação do problema da pesquisa. A terceira seção apresenta a construção dos indicadores e os demais procedimentos metodológicos que foram utilizados na avaliação de *performance*, bem como o critério de seleção das PAIs escolhidas para o estudo, das variáveis do modelo e dos dados usados no estudo empírico. A quarta seção aborda o cálculo da fronteira eficiente, as melhorias viáveis das PAIs ineficientes e a perspectiva de longo prazo. A conclusão trata do poder explicativo e da capacidade de previsão da análise de eficiência.

## 2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA

Nesta seção, primeiro, são caracterizados os objetivos da estratégia de expansão com diversidade do IPEC no período 2002-2008, que foi adotada para a promoção da pesquisa clínica como uma aplicação das diretrizes da Reforma do Estado dos anos 90 no Brasil. Em seguida, as implicações da incorporação dos fundamentos da teoria da administração pública gerencial à estratégia fixada no IPEC são usadas como referência para formular o problema de avaliação do desempenho recente do IPEC, que é o objetivo da pesquisa deste estudo.

### 2.1. GESTÃO DO DESEMPENHO DE UNIDADES COMPLEXAS DE SAÚDE

No IPEC prevalece a abordagem da pesquisa e do ensino sobre doenças infecciosas desdobrados como resultado da sistematização de protocolos de atendimento clínico.

Assim, o estabelecimento de sinergia entre as atividades clínicas das áreas médica e complementar e a laboratorial implica na necessidade de constituir os elos entre as atividades de pesquisa, de ensino e de assistência no interior das PAIs, o que confere a estas ações uma configuração particularmente complexa do ponto de vista da coordenação de interesses.

Com objetivos e metas das atividades-fim de ensino, de pesquisa e de assistência, cada PAI tem uma nosologia específica como foco e engloba atividades especializadas: de diagnóstico de laboratório; de atendimento de ambulatório, de hospital-dia e de internação; de ensino; e de pesquisa; além de apoio administrativo interno indistinto ao conjunto das atividades especializadas.

No IPEC, além disso, os diferentes aspectos relativos às múltiplas abordagens profissionais a que se expõe o paciente no seu atendimento no Instituto envolvem a participação rotineira, não somente de infectologistas, mas também de especialistas de outras áreas clínicas, com vistas a aproveitar o conhecimento de ponta de todas estas especialidades.

Como pode ser observado na TABELA 1, se considerarmos a coorte de pacientes composta e acompanhada em um banco de dados dos pesquisadores médicos como marco de referência para a demarcação do que entendemos ser uma Ação Integrada, não só cada uma das PAIs identificadas inclui todas as atividades de pesquisa, de ensino, de laboratório e de

atendimento de referência do IPEC, como também, vistas em conjunto, estas ações integradas respondem quase que integralmente por cada destas atividades de per si.

Essa organização governamental complexa, sem fins lucrativos e com tal diversidade de objetivos e meios, convive, portanto, com problemas de coordenação e de compromisso presentes nas diversas facetas do processo de tomada de decisão, em particular quanto à distribuição interna dos recursos do orçamento público entre os objetivos concorrentes e potencialmente conflitantes das suas diferentes PAIs.

Ao mesmo tempo em que o que serve ao propósito estratégico do IPEC de ocupar um nicho institucional diferenciado, ou seja, o que proporciona recursos para a sua expansão, é o desenvolvimento das suas PAIs como unidades produtivas e não o desempenho unilateral das suas atividades.

De forma que a obtenção de indicadores para avaliar, em primeiro lugar, a efetividade em custos das suas atividades e, em segundo lugar, a *performance* e a evolução do desempenho das suas PAIs como unidades produtivas no tempo é de grande importância para a gestão do IPEC (SCHWARTZMAN, 1994), com vistas a orientar a promoção de melhores resultados e de aumento de eficiência na utilização de recursos.

TABELA 1 - IPEC - Participação da Ação Integrada na Atividade: 2008 (em %)

ATIVIDADE	PAI	ESTRUTURADA							NÃO ESTRUTURADA	
		"Chagas"	"DFA/Dengue"	"HTLV"	"LTA"	"Micoses"	"Toxo"	"TB"		"HIV"
QTD. PRODUÇÃO CIENTÍFICA		4,0	3,4	6,4	7,9	14,8	0,4	4,5	16,6	42,1
QTD. PACIENTE COORTE		11,5	1,5	5,0	11,3	43,8	5,8	12,2	8,9	0,0
QTD. EGRESSO DE CURSO		0,0	6,1	0,0	15,2	24,2	0,0	9,1	21,2	24,2
QTD. CONSULTA PAT		18,8	10,8	7,9	3,3	11,0	5,1	13,4	23,9	5,9
QTD. CONSULTA AGENDADA		14,7	5,1	5,7	3,5	13,2	3,6	13,3	35,7	5,4
QTD. ATDITO. HOSPITAL-DIA		0,6	0,0	4,8	3,6	1,7	0,0	0,7	75,0	13,7
QTD. DIA/ANO INTERNAÇÃO		4,7	3,0	4,0	0,5	7,7	0,0	10,0	60,2	9,8
QTD. EXAME										
	Anatomia Patológica	15,0	6,0	6,0	3,3	12,6	3,7	13,1	34,6	5,7
	Bacteriologia	9,3	4,0	4,2	2,0	8,5	2,1	15,6	49,3	5,0
	Hemoterapia	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	99,4	0,1
	Imagem	13,4	5,5	5,7	2,9	11,8	3,2	12,6	38,7	6,2
	Imunologia	8,5	18,7	3,8	0,3	1,6	1,3	1,4	63,8	0,6
	Micologia	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0	0,0	0,0	76,9	0,0
	Parasitologia	12,5	5,3	5,6	2,7	11,4	2,8	12,3	40,9	6,6
	Patologia Clínica	8,1	3,4	6,5	32,8	6,8	2,0	7,1	19,2	14,0
	Virologia	0,0	0,0	99,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
	Zoonoses	2,5	2,5	2,5	19,2	63,2	2,5	2,5	2,5	2,5
DESPESA MEDICAMENTO		9,3	2,9	3,9	17,4	18,6	4,1	2,9	38,0	2,9
DESPESA ALIMENTAÇÃO		6,8	3,6	4,4	1,1	8,7	0,8	10,6	55,0	9,0
DESPESA APOIO ADM. INT.		8,8	13,6	9,4	8,2	10,9	8,1	9,6	21,8	9,5

Elaboração: SEMOC/SEPLAN/IPEC

## 2.2. SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA: A PAI COMO UNIDADE PRODUTIVA

Frente a essa necessidade de indicadores de *performance*, o primeiro objetivo da avaliação do IPEC foi o de conceber e aferir medidas de custo unitário efetivo das atividades de diagnóstico, atendimento, ensino e pesquisa de cada PAI do IPEC.

A propósito de avaliar a estratégia de busca de sustentabilidade por diversidade, no entanto, a informação sobre custo efetivo é um Indicador de Desempenho - ID indispensável e básico, mas a interpretação da informação sobre custo efetivo é difícil e problemática em organizações diversificadas e o cálculo desta modalidade de ID oferece desafios não-triviais (p.ex., o rateio de custos comuns), que resultam muitas vezes insuperáveis.

Em primeiro lugar, porque a ótica de avaliação pelo custo significa pressupor que existe um padrão de referência – um *benchmark* - que retrata o custo a que deveria operar uma organização idealizada, devotada à minimização de custos (e/ou à maximização do

lucro). Sob essa ótica, se a melhor tecnologia é um dado conhecido para a gestão, assim como os preços dos fatores e produtos, o sucesso da organização manifesta-se pela economia nos custos e o desvio do custo efetivo, em relação à função custo, deve ser interpretado como “falha” do gerente.

Suponha-se, ao contrário, que o gerente não conhece *a priori* a tecnologia de forma completa, ou que a organização opera em mercados incompletos. Qual é, nesse caso, a associação que pode ser estabelecida entre a relação do custo efetivo observado da organização avaliada com o custo da organização *benchmark* e a avaliação acerca da eficiência relativa do gerente? E, se essa associação não é possível de forma direta, como poderia ser útil o indicador de custo unitário para o avaliador?

Em segundo lugar, porque o uso corrente de IDs limita os indicadores a medidas que relacionam um *output* a um *input* ou, o que parece mais grave, a medidas que relacionam *outputs* com *outputs*, (p. ex., artigos publicados/projeto) e *inputs* com *inputs* (p.ex., professores/alunos). Em organizações como o IPEC, o que se procura, entretanto, é uma medida mais completa, que relaciona média ponderada de *outputs* com média ponderada de *inputs* e em que os pesos representam a importância relativa - a ser investigada - de cada *output* e *input*.

Em suma, isso significa que, isoladamente, o indicador de custo efetivo é difícil de interpretar, na medida em que suscite recomendação de mudança de conduta, inclusive que se revele incompatível com algum objetivo não econômico legítimo da organização.

Para avaliar, então, se a estratégia de reestruturação organizacional do IPEC ficou condicionada ao aumento do orçamento, ou se também resultou da distribuição interna eficiente – sustentável - destes recursos entre as PAIs, optou-se pela:

a) construção e interpretação dos Indicadores Gerenciais – IGs extraídos do cálculo de um modelo de análise de eficiência para um subconjunto representativo das PAIs do IPEC, os quais são obtidos como a razão aritmética entre a soma ponderada dos produtos extraídos e a soma ponderada dos recursos utilizados na produção, que indica a contribuição relativa de cada PAI para a expansão da pesquisa clínica do Instituto; e

b) utilização desses IGs para investigar a eventual presença de ineficiências nas PAIs, com vistas a extrair prescrições pró-eficiência.

E com o propósito de evidenciar tendências de comportamento cujo conhecimento contribui para a análise de eficácia do próprio modelo de gestão do Instituto, foi utilizado o método de Análise de Envoltória de Dados – DEA para o cálculo dos escores-síntese necessários à análise de eficiência das PAIs do IPEC.

### **3. METODOLOGIA**

Face às considerações anteriores sobre os princípios da gestão para resultados que pautaram os objetivos da reforma organizacional do IPEC de meados dos anos 90, a avaliação da eficácia do modelo de promoção da pesquisa estratégica do IPEC é aqui formulada como um problema de cálculo da fronteira de possibilidades de produção das suas Ações Integradas e do desempenho relativo de cada uma, bem como dos planos de operação – combinações de recursos e resultados – capazes de garantir a eficiência do conjunto das PAIs.

Aqui tratamos desse e dos demais procedimentos metodológicos desta avaliação.

#### **3.1. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS - DEA**

A Análise de Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis) - DEA é um modelo de programação matemática que vem sendo aplicado em uma ampla variedade de situações envolvendo problemas de economia de gestão, tanto no setor público, quanto no setor privado (DE NEGRI, 2003).

Em um processo produtivo, a combinação dos recursos de uma organização tem por resultado a geração de produtos. Desse ponto de vista, se uma unidade de produção obtém uma maior quantidade de produtos com os mesmos recursos que outra, será considerada

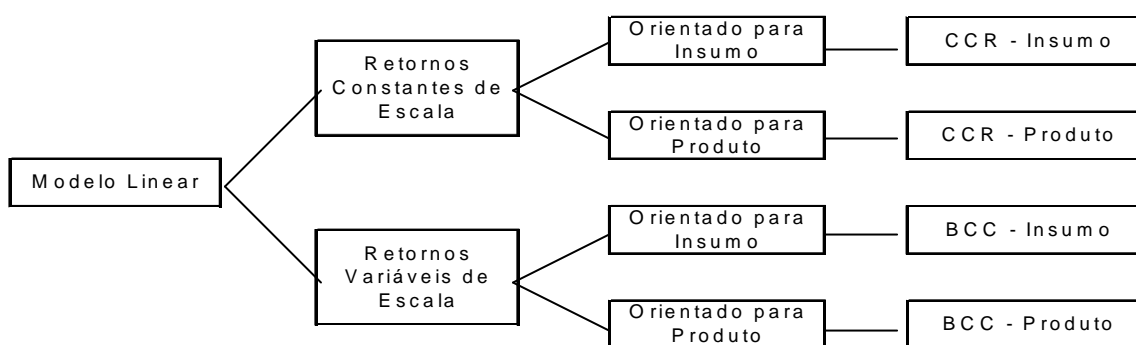
relativamente mais eficiente. De forma análoga, também será considerada relativamente mais eficiente a unidade que apresentar a mesma produção com a utilização de menos recursos.

Face aos problemas já apontados de interpretação dos IDs, a seleção de um padrão de comparação entre organizações é tratado na literatura sobre avaliação de unidades econômicas pela identificação de fronteiras de eficiência. Uma vez identificada essa fronteira, o desempenho de uma organização específica é avaliado em comparação com o desempenho das unidades nela representadas.

Os modelos de ajuste não-paramétrico da fronteira como a DEA, por seu turno, representam a fronteira de produção às melhores práticas reveladas, ou seja, à produção máxima empiricamente observada de qualquer Unidade de Tomada de Decisão - DMU da população estudada, obtida a partir da sua dotação efetiva de insumos. Postulam, nesse sentido, a existência de ineficiências não-alocativas decorrentes de motivos que escapam ao controle dos gerentes no processo produtivo e que não se constituem, portanto, em problemas técnicos na aceção de aspectos tecnológicos de produção ou de *management*.

Hoje, a DEA é considerada uma metodologia a que está incorporada uma coleção de modelos. Os modelos já consagrados na literatura são o DEA – CCR, desenvolvido em 1978 por Charnes, Cooper e Rhodes e o DEA – BCC, criado em 1984 por Banker, Charnes e Cooper. Um resumo das características desses modelos é apresentado na FIGURA 1:

**FIGURA 1: Características de Modelos DEA Consagrados na Literatura**



Conceitualmente, o modelo DEA é um modelo de programação matemática. Aplicado a um conjunto de  $I$  organizações que utilizam  $N$  *inputs* para produzir  $M$  *outputs*, permite calcular os escores-síntese  $EI = YI/XI = (A1I.O1I + \dots + AMI.OMI) / (B1I.I1I + \dots + BNI.INI)$  de cada organização - em que os  $O$ s representam *outputs*, os  $I$ s representam *inputs* e os  $A$ Is e os  $B$ Is representam pesos, ou seja, a importância relativa de cada *output* e *input* - e permitem hierarquizá-las segundo o seu desempenho em termos de eficiência técnica relativa, com a especificação de um padrão de comparação.

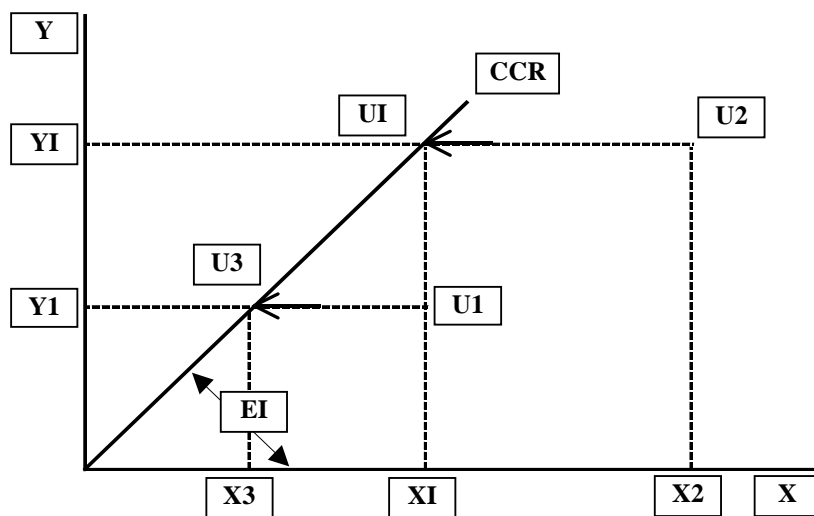
Os modelos DEA – CCR originam-se da transformação desse problema de programação matemática fracionário. Essa transformação se faz alterando a sua função objetivo e resulta em dois modelos de programação linear: o modelo DEA-CCR orientado para insumos, que minimiza o consumo agregado de recursos, mantendo constante a produção; e o modelo DEA-CCR com orientação para produtos, que mantém constante o consumo agregado e busca maximizar a produção.

E os modelos DEA – BCC, finalmente, seja os orientados para a redução de insumos, seja os orientados para o aumento do produto, apresentam superfícies de fronteira com retornos variáveis de escala. Esses modelos são relevantes, pois possibilitam analisar processos produtivos em que a tecnologia utilizada admite que a produtividade máxima varie em função da escala de produção, o que permite comparar DMUs com portes distintos.

No modelo gráfico da FIGURA 2, por exemplo, face à situação relativa de  $U_1$ , quando comparado o seu desempenho com a *performance* de  $U_1$  e  $U_2$ , conclui-se que, entre estas três unidades sob análise, se alguma pertence à fronteira eficiente, esta é  $U_1$ , uma vez

que U1 utiliza o mesmo montante de recursos XI para produzir Y1, ou seja, menos do que YI, enquanto U2 produz o mesmo que UI, mas utiliza um volume X2 de recursos que é maior do que XI.

**FIGURA 2 – Representação Gráfica do Escore-Síntese de Eficiência Técnica**



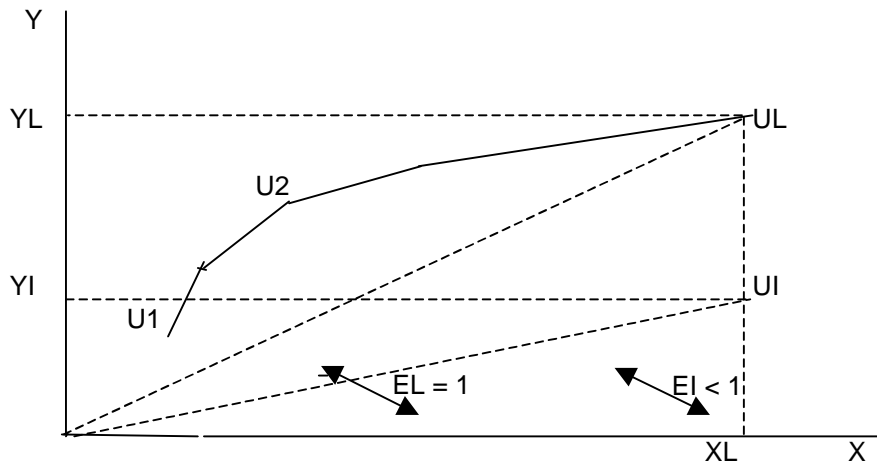
Fonte: (JORGE *et al.* , 2006, p. 188)

Nesse sentido, a ineficiência técnica de U2 é expressa por um escore-síntese menor do que o de UI, da mesma forma que a ineficiência de U1 resulta em escore menor do que o de U3.

Convencionou-se, a propósito, que, para todas as  $l$  organizações situadas na fronteira,  $EL = \frac{YL}{XL} = 1$ , ou seja, que para todas elas caracteriza-se uma situação de eficiência plena – unidade 100% eficiente. Assim sendo, a eficiência relativa EI de uma unidade UI, cujo ponto representativo não faz parte da fronteira eficiente, pode ser medida como  $\frac{YI}{XI} < 1$  e este é um escore-síntese para o seu desempenho – vide o modelo gráfico da FIGURA 3.

Uma vez assim identificadas todas as unidades UL que operam as melhores práticas empiricamente observadas, obtém-se, simultaneamente, a situação relativa de todas as demais. Além disso, por transformação das relações  $\frac{EI}{EL}$ , pode-se obter uma estimativa dos ganhos – medidos em termos do aumento esperado da produção, ou da economia de insumos – que podem resultar da transferência dos recursos e da responsabilidade pela produção de uma unidade ineficiente para uma unidade eficiente, ou seja, dos novos planos de operação pró-eficiência prescritos.

**FIGURA 3 – Representação Gráfica da Fronteira Eficiente**



Fonte: (JORGE *et al.*, 2006, p. 189)

A forma do multiplicador do problema DEA-BCC-O de programação linear é:

$$\text{MinEI} = \sum (J)BJLJI + W \quad (3.1.1)$$

$$\text{s.a.} \quad \sum (H)AHLOHI - \sum (J)BJLJI + W \leq 0 \quad (I=1,2,\dots,K) \quad (3.1.2)$$

$$\sum (I)AHLOHI = 1 \quad (3.1.3)$$

$$AHI, BJI \geq 0 \quad (H = 1, 2, \dots, M), (J = 1, 2, \dots, N) \quad (3.1.4)$$

Na restrição (3.1.2), o resultado líquido da DMU UI é limitado a 0 (zero) e o das DMUs eficientes é 0 (zero). A variável W em (3.1.1) e (3.1.2) define uma superfície convexa de fronteira: se  $W < 0$ , a produção apresenta retornos de escala decrescentes; se for positiva, os retornos de escala são crescentes; e se for igual a zero, os retornos são constantes, conforme é suposto na fronteira calculada pelos modelos DEA-CCR.

A restrição (3.1.3), por sua vez, é que especifica o problema original de programação matemática fracionária na forma do multiplicador: se a DMU UI for eficiente,  $EI = 1$ ; e se não for,  $EI < 1$ .

Já a restrição (3.1.4) significa que os produtos considerados não oneram e os insumos usados não contribuem para o resultado líquido da DMU.

Neste artigo foi usado o programa DEAP versão 2.1 - Data Envelopment Analysis (Computer) Program - para calcular a fronteira de produção através da técnica DEA (COELLI, 1996).

### 3.2. TESTES DE AFERIÇÃO DA PRECISÃO ESTATÍSTICA DAS ESTIMATIVAS

Com vistas à análise dos escores-síntese calculados com o modelo DEA e considerando as amostras com distribuição de probabilidades desconhecida, foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (SIEGEL, 1956), considerado eficiente para lidar com o problema de indeterminação do erro de cálculo (PEREIRA; BUENO, 2005) que é inerente aos métodos determinísticos como o adotado (SOUZA; RAMOS, 1999).

O teste H de Kruskal-Wallis é um teste não-paramétrico usado para testar a hipótese nula de que três ou mais amostras independentes são provenientes de populações idênticas (TRIOLA, 2005). Assim, as hipóteses podem ser escritas:

$H_0$ : as K amostras provêm de populações com a mesma distribuição.

$H_1$ : as K amostras provêm de populações com distribuições diferentes.



A estatística H tem distribuição que pode ser aproximada pela distribuição  $\chi^2$ , desde que a amostra tenha, no mínimo, cinco observações. O número de graus de liberdade – GLs é dado por  $K - 1$ .

Se  $H > \chi^2$  com  $K - 1$  GLs e 95% de confiança, deve-se rejeitar a hipótese nula.

### 3.3. ANÁLISE MARKOVIANA

Como se dispõe de escores calculados para as oito PAIs no período 2002-2008, que se referem à fronteira conjunta calculada para as 56 ações integradas-ano, foi possível investigar a evolução do processo evolutivo que foi separando as unidades eficientes das ineficientes ao longo do período. Adotando a hipótese markoviana (KEMENY; SNELL, 1972) de que o estado de eficiência ou ineficiência de uma ação integrada PAI depende apenas do estado em que se encontrava no período anterior, podemos construir a matriz de probabilidades de transição entre os estados de “eficiência” e “ineficiência” para o sistema constituído pelas oito ações integradas ao longo dos sete anos. Na literatura, um procedimento indicado para obter essa matriz se baseia na simples contagem (*transition count*; ver Billingsley, 1961, p. 14, ou Anderson e Goodman, 1957, p. 92) do número de passagens de um estado a outro no período 2002-2008.

De posse daquela matriz e utilizando o conceito de distribuição de equilíbrio (Kemeny e Snell, 1972, p. 131), pode-se determinar a distribuição percentual a longo prazo do conjunto das unidades produtivas entre aqueles dois estados, que representa o equilíbrio dinâmico do sistema, desde que não haja uma interveniência, gerencial ou não, sobre o processo que possa, por exemplo, comprometer a aceitação da hipótese markoviana.

### 3.4. UNIVERSO, AMOSTRA E COLETA DE DADOS

O universo da pesquisa é formado pelo conjunto das 14 PAIs de pesquisa clínica do IPEC. A reduzida participação das 6 PAIs que não integram todas as modalidades de diagnóstico, de atendimento, de ensino e de pesquisa no total das atividades do Instituto levou a focalizar a avaliação da eficácia do modelo de organização do IPEC na análise de eficiência das 8 PAIs que estão reconhecidamente estruturadas: as PAIs de Doença de Chagas; DFA/Dengue; HTLV; Leishmaniose; Micoses; Toxoplasmose; Tuberculose; e HIV/AIDS.

Os dados básicos, retroativos a 2002, são coletados em três fontes: nos bancos de dados do Serviço de Estatística e Documentação do IPEC; com obtenção de dados primários relativos às coortes dos pacientes das PAIs que têm prontuário através de entrevistas semi-estruturadas dos pesquisadores responsáveis por projetos de pesquisa clínica; e mediante o levantamento dos gastos de material de consumo nas notas de empenho que são geradas pelo Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal – SIAFI.

Diante do número restrito de unidades de observação e face à série de dados anuais disponíveis, que é de pronto limitada, o modelo DEA foi aplicado ao cálculo de uma fronteira única para o conjunto das PAIs anuais do período 2002-2008 e foram considerados, por PAI escolhida, dois recursos (ou *inputs*) – a saber, *Número de Horas-Médico/ano* e *Despesa de Custeio/ano* a preços correntes (medicamentos, reagentes e material hospitalar) - e sete produtos (ou *outputs*) – *Número de Exames Diagnóstico/ano*, *Número de Consultas de Infectologista/ano*, *Número de Dias de Internação/ano*, *Número de Artigos Publicados/ano*, *Número de Pacientes Incluídos nos Projetos de Pesquisa/ano*, *Número de Teses e Dissertações/ano* e *Número de Buscas Orientadas em Prontuário Médico do Paciente/ano*.

## 4. RESULTADOS

Os resultados que aparecem nesta seção estão distribuídos em quatro subseções. Primeiro, é apresentada a discriminação das ações integradas-ano em grupos de unidades relativamente “eficientes” e “ineficientes”. A subseção seguinte analisa os resultados do teste da diferença entre os escores. A terceira subseção expõe os resultados da análise markoviana E, finalmente, sob a denominação de “plano consolidado das PAIs”, é apresentada a soma das

alterações alocativas de insumos e produtos usados para representar as PAIs que permitiriam levar cada ação ineficiente de volta à fronteira conjunta calculada para o período 2002-2008.

#### 4.1. CLASSIFICAÇÃO DAS AÇÕES INTEGRADAS SEGUNDO A SUA EFICIÊNCIA

O problema de programação linear subjacente ao cálculo do modelo DEA com Retornos Variáveis de Escala Orientado para o Produto (DEA-BCC-O) foi resolvido para a obtenção dos escores-síntese das 56 ações integradas-ano selecionadas, que refletem o poder de discriminação do modelo entre PAIs eficientes e não eficientes. A esse propósito, observa-se que, quanto maior for o número de DMUs em relação ao número de variáveis, melhor será a discriminação das DMUs eficientes e ineficientes (COELLI; RAO; BATTESE, 1998).

Foi verificado, então, que quase toda a despesa com material hospitalar do IPEC é de uso geral. Em segundo lugar, como as despesas com medicamento, com reagente e com material hospitalar são medidas em valor, foram adicionadas, obtendo-se a variável Despesa de Custeio Exclusivo Pessoal. Apesar dessa redução do número de variáveis, os escores ainda mostram uma fronteira de eficiência com 31 das 56 DMUs avaliadas – vide a TABELA 2.

De tal sorte que foram feitas outras simulações com o modelo DEA, no sentido de observar se a fronteira calculada com as variáveis utilizadas nessa especificação efetivamente descreve o resultado de maior poder explicativo. Verifica-se, então, que a exclusão de variáveis de *output* selecionadas não causa efeito na discriminação das unidades eficientes e que os valores dos escores-síntese de eficiência relativa das unidades ineficientes pouco se alteram, não havendo mudança significativa na capacidade de discriminação resultante.

Para a análise de eficiência das oito PAIs selecionadas no período 2002–2008, assim como para a discussão de escolhas alocativas com vistas à redução da ineficiência, optou-se, portanto, por persistir na utilização do modelo (DEA-BCC-O) especificado.

A TABELA 2 também mostra a mudança na eficiência, indicando que houve unidades eficientes (4) e ineficientes (1) que assim se mantiveram nos anos inicial e final do período. Por outro lado, houve mudanças de um estado para outro entre 2002 e 2008: 2 eficientes em 2002 passaram a ineficientes em 2008; e 1 no sentido inverso no mesmo período. Todas as unidades, porém, persistiram em níveis bastante elevados de eficiência, sugerindo, em princípio, um forte efeito aprendizado cruzado entre os gerentes no período.

**TABELA 2: Escores-síntese de Eficiência das Ações Integradas (em %) Modelo DEA-BCC-O com Especificação de 9 Variáveis**

PAI	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Chagas</b>	83,2	84,4	82,4	92,4	79,5	86,0	90,3
<b>DFA/Dengue</b>	87,7	100,0	96,0	98,6	98,8	100,0	100,0
<b>HTLV</b>	100,0	84,5	99,2	80,4	79,0	100,0	100,0
<b>Leishmaniose</b>	100,0	100,0	100,0	95,6	98,6	100,0	99,8
<b>Micoses</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	95,0	100,0	100,0
<b>Toxoplasmose</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	89,9	97,2	94,6
<b>Tuberculose</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	93,4	100,0	100,0
<b>HIV</b>	100,0	100,0	98,2	100,0	95,8	100,0	100,0
<b>Média</b>	96,4	96,1	97,0	95,9	91,3	97,9	98,1
<b>% Eficiente</b>	75,0	75,0	50,0	50,0	0,0	75,0	62,5

Variáveis de *Input* : Hora-Médico, Outros Custeios.

Variáveis de *Output* : Exame, Consulta, Internação, Produção Científica, Coorte, Dissertações e Teses, Busca em Prontuário.

O aumento das despesas das PAIs nesses anos levantou a suspeita de que a produção tivesse incorporado ineficiências, por força de problemas organizacionais e de gestão. Face à hipótese de associação entre a mudança organizacional no IPEC e a *performance* das ações

PAI no período, a análise comparativa da média anual dos escores calculados é de especial interesse: se houve variação negativa do escore médio, sugerindo perda de eficiência de *performance*; e se, ao contrário, positiva, sugerindo ganho de eficiência.

De fato, houve crescimento do valor calculado do escore médio anual de eficiência no período: 96,4% para o ano de 2002; 96,1% em 2003; 97,0% em 2004; 95,9% em 2005; 91,3% em 2006; 97,9% em 2007; e 98,1% em 2008 – vide a TABELA 2. De imediato, portanto, esses resultados indicam que não houve perda de eficiência .

Para investigar essa questão, os registros sistemáticos disponíveis, como vimos, são de periodicidade anual. Diante do baixo poder do modelo para a discriminação dos PAIs eficientes e ineficientes daí resultante, uma questão adicional nessa análise é a de verificar: se o subconjunto das ações integradas selecionadas apresentou variação significativa do coeficiente médio de eficiência técnica relativa de um ano para outro.

#### 4.2. RESULTADOS DO TESTE DE PRECISÃO ESTATÍSTICA DE ESTIMATIVAS

Comparando-se os escores de eficiência dos grupos de 31 ações integradas-ano ‘eficientes’ e 15 ‘ineficientes’ através do teste de Kruskal-Wallis, é rejeitada a hipótese nula de que as duas amostras de PAIs fazem parte da mesma população, ou seja, existe sim diferença estatisticamente significativa entre os escores das ações discriminadas nos dois grupos ( $p < 0,01$ ).

Quanto à diferença dos escores das ações integradas de diferentes anos comparados pelo teste de Kruskal-Wallis, além disso, a hipótese nula só pode ser rejeitada ao nível de significância de 10% ( $p = 0,0697$ ), ou seja, não se pode afirmar, com mais de 90% de confiança, que existe diferença entre os escores de eficiência de diferentes anos.

Para completar essas considerações sobre o tipo de associação existente entre mudança organizacional e *performance* das PAIs do IPEC, uma vez que o curto período de tempo coberto pela análise de eficiência com o modelo DEA impõe limitações à verificação do sinal da variação dos escores que são de imediato intransponíveis, a próxima subseção visa extrair resposta a essa questão com a ampliação do horizonte de observação das PAIs a partir da abordagem markoviana da transição entre as condições de eficiência e ineficiência.

#### 4.3. HIPÓTESE MARKOVIANA

Uma primeira observação que merece destaque é que, efetivamente, o percentual de unidades eficientes apresenta, no período, evolução distinta em relação ao caminho temporal dos escores médios, sugerindo que se trata de modos distintos para avaliar a eficiência do “sistema produtivo” representado pelas oito PAIs.

Contando as mudanças de estado para cada ação integrada ao longo do período 2002-2008 e usando as iniciais óbvias obtemos:

E para E = 17; E para I = 9; I para E = 8; I para I = 14.

Podemos, então, escrever a matriz P de probabilidades de transição entre estados (no período). Por exemplo, a probabilidade de passar, no período, de “eficiente” para “ineficiente” é igual a 9/26 (9 que passaram dentre 26 eficientes). Adotando a hipótese markoviana de que, ao longo do tempo, as probabilidades de transição entre estados só dependem do estado anterior, podemos calcular a distribuição percentual das unidades em cada um dos dois estados em termos de equilíbrio dinâmico (Kemeny e Snell, 1972, p. 131). Esta distribuição pode ser escrita como um vetor-linha  $\pi$  cujos elementos somam 1 e que satisfaz a equação matricial  $\pi P = \pi$ . Resolvendo esta equação obtém-se:

$\pi_E$  (percentual das Eficientes) = 51,23%;  $\pi_{NE}$  (percentual das Ineficientes) = 48,77% .

Da Tabela 2 pode-se extrair, finalmente, que o percentual eficiente médio no período foi de 55,36% e que o percentual eficiente mediano atingiu 56,25. Assim pode-se argumentar que, em termos agregados (“sistêmicos”), os escores individuais sugerem uma superestimativa da percentagem eficiente no período *vis à vis* a distribuição de longo prazo do sistema, indicada pela análise markoviana. Segundo essa análise, parece haver um ligeiro

movimento em direção ao aumento da ineficiência do sistema, a longo prazo, se nada for feito em termos gerenciais.

#### 4. 4. PLANOS DE OPERAÇÃO EFICIENTES

O modelo DEA-BCC-O com especificação de 9 variáveis também foi usado para identificar o conjunto de referência – os “pares” - de cada DMU não eficiente: as PAIs relativamente eficientes que podem servir de *benchmarks* para que cada PAI ineficiente também atinja a fronteira de eficiência, através da mudança, em simultâneo, das quantidades de todos os recursos que usa e dos produtos que obtém a cada ano.

A análise conjunta dos planos de operação pró-eficiência prescritos permitiu concluir que a escolha em simultâneo dos novos *mixes* de ajuste operacional das PAIs não aumenta a despesa de custeio exclusivo pessoal do IPEC, mas sim reduz as horas-médico contratadas, a um só tempo que o aumento da quantidade de produto resulta em taxa de ocupação exequível da capacidade instalada para diagnóstico e atendimento – vide a TABELA 3.

**TABELA 3: IPEC - Plano de Operação Consolidado das PAIs: 2002-2008**

Variável de Input/Output	Variação Absoluta
<b>Hora-Médico (I)</b>	- 19.990 horas/ano ? 10,4 médicos (1)
<b>Outros Custeios (I)</b>	- R\$ 240.105,44
<b>Exame (O)</b>	+ 69.734 exames
<b>Consulta (O)</b>	+ 18.423 consultas
<b>Internação (O)</b>	+ 4.533 dias = 16,3 leitos (2)
<b>Produção Científica (O)</b>	+ 53 UPPs do PAI de PQ = 53 artigos
<b>Coorte (O)</b>	+ 673 inclusões
<b>Dissertações e Teses (O)</b>	+ 111 UPPs do PAI de ES = 27,8 teses DSc
<b>Busca em Prontuário (O)</b>	+ 33 buscas

(1) regime de 40hs/semana.

(2) taxa de ocupação médica de Hospitais Universitários Federais com Qtd. (leitos)  $\leq$  200 em 2000 (MARINHO, FAÇANHA, 2002)

#### 5. CONCLUSÕES

Dado que os predicados do modelo DEA para a avaliação o tornam útil à gestão do IPEC, o baixo poder obtido de discriminação das PAIs ineficientes requer enfatizar que:

- os dados básicos usados demandaram esforço de inventário sem precedentes na organização examinada e contribuem para o auto-conhecimento, recomendando manter as variáveis de especificação do modelo, já que um dos alvos da análise de eficiência é reforçar o compromisso dos gerentes com o objetivo plural da organização;

- a futura expansão da série histórica hoje disponível e a incorporação de outras PAIs à análise vão permitir conclusões mais específicas e apuradas para a tomada de decisão; e

- aquela limitação do modelo poderá ser mais qualificada quando for introduzido mais conhecimento sobre as características e o contexto específicos de cada ação integrada. Ela depende, em particular, de mais conhecimento das implicações do aprendizado para a existência de relacionamento entre as técnicas utilizadas em cada PAI anual; e

- ainda assim, os resultados apresentados revelaram grande margem potencial para o aumento relativo do número de consultas, exames, internações, artigos e teses, em busca de alcançar a eficiência sistêmica do conjunto das ações integradas do IPEC.

Adotada, no entanto, a hipótese markoviana sobre a conexão intertemporal do desempenho das unidades e calculada a distribuição percentual de equilíbrio de longo prazo das PAIs nos dois estados de eficiência, pode-se concluir que existe um ligeiro movimento em direção ao aumento da ineficiência sistêmica, se nada for feito em termos gerenciais.

Nesse sentido, a análise de eficiência desenvolvida para a elucidação dos motivos subjacentes à reestruturação experimentada pelo IPEC em sua trajetória recente logrou associar a dinâmica da estrutura organizacional do Instituto a uma estratégia pró-eficiência de produção conjunta de assistência, conhecimento e treinamento para a pesquisa.

Diante da melhoria de *performance* e dos limites das ações integradas que foram constatados, há evidências, portanto, de que,:

- o agravamento dos problemas de coordenação e de compromisso do âmbito da estrutura de Ação Integrada pode demandar esforço adicional de gestão; e

- em princípio, esses problemas não desqualificam a eficácia da estrutura organizacional de PAI.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANDERSON, T. W.; GOODMAN, L. Statistical inference about Markov chains. *The Annals of Mathematical Statistics*, v. 28, n. 1, p. 89-110, 1957.
- [2] BANKER, R.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, p. 1078-1092, 1984.
- [3] BILLINGSLEY, P. Statistical methods in Markov chains. *The Annals of Mathematical Statistics*, v. 32, n. 1, p. 12-40, 1961.
- [4] CHARNES, A.; COOPER, W.; ROHDES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 3, p. 429-444, 1978.
- [5] \_\_\_\_\_. Evaluating program and managerial efficiency: an application of Data Envelopment Analysis to program Follow Through. *Management Science*, v. 27, n. 6, p. 688-697, 1981.
- [6] COELLI, T. A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. Australia: University of New England, 1996 (CEPA Working Papers n. 8).
- [7] \_\_\_\_\_. RAO, D. S. P.; BATTESE, G. E. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Kluwer, 1998.
- [8] DE NEGRI, J. A. Desempenho exportador das firmas industriais no Brasil: a influência da eficiência de escala e dos rendimentos crescentes de escala. Brasília, DF: IPEA, 2003. (Texto para Discussão, n. 997)
- [9] ESTELLITA LINS, M. P.; ANGULO MEZA, L. (Org.). *Análise envoltória de dados*. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ, 2000.
- [10] KEMENY, J. G.; SNELL, J. L. *Mathematical models in the Social Sciences*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1972.
- [11] MARINHO, A; FAÇANHA, L.O. Estudo de eficiência em alguns hospitais públicos e privados com a geração de rankings. Rio de Janeiro: IPEA, 2001. (Texto para Discussão, n. 794)
- [12] PEREIRA, M.; BUENO, R. Estudo da eficiência produtiva das bibliotecas públicas de São Paulo no ano de 2002. In: Asamblea Anual del CLADEA, 38., 2005, Santiago de Chile. Anales . . .Santiago: CLADEA y Universidad de Chile, 2005. CD-ROM.
- [13] SCHWARTZMAN, J. Um sistema de indicadores para as Universidades Brasileiras. NUPES/USP. São Paulo: USP, 1994. (Documento de Trabalho no. 5 / 94)
- [14] SILVA, L. M. V.; FORMIGLI, L. A. Avaliação em saúde: limites e perspectivas. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 10, n. 1, p. 80-91, 1994.
- [15] SIEGEL, S., *Nonparametric Statistics*, New York, McGraw-Hill, 1956.
- [16] SOUZA, M. C. S. de, RAMOS, F. S., Eficiência Técnica e Retornos de Escala na Produção se Serviços Públicos Municipais: O Caso do Nordeste e do Sudeste Brasileiros, *Revista Brasileira de Economia*, v. 53, n. 4 (Out), pp. 433 – 461, 1999.
- [17] TRIOLA, M. F., *Introdução à Estatística*, Rio de Janeiro, LTC, ed.9, 2005.