

# Analizando retornos de escala usando DEA: um estudo em Instituições de Ensino Tecnológico no Brasil

Data de recebimento: 01/09/2007  
Data de aprovação: 09/10/2007

Prof. Rubens E. B. Ramos, D.Sc. (UFRN – RN) – rubens@ct.ufrn.br

• UFRN/CT/DEC Campus – CEP 59072-970 – Natal-RN

Prof. Getúlio Marques Ferreira, M. Sc. (MEC, CEFET-RN) – getulioferreira@mec.gov.br

## Resumo

Neste artigo, realiza-se uma aplicação de Análise de Envoltória de Dados – DEA para avaliar a existência de retornos constantes ou variáveis de escala, no desempenho de instituições de ensino tecnológico no Brasil, com ênfase no ensino médio. São testados modelos CCR, BCC e de Região de Garantia para um conjunto de 23 Centros Federais de Educação Tecnológica do Brasil (CEFETs). A DEA é usada para testar a existência de retornos constantes (modelo CCR) ou variáveis (modelo BCC) de escala, adotando como produtos as matrículas, a quantidade de egressos e o resultado na prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e como insumos, orçamento, corpo docente e titulação do corpo docente. Os principais resultados sugerem haver retornos variáveis de escala para orçamento e corpo docente, mas retorno constante para titulação. As implicações teóricas dos achados sugerem que uma análise de cada insumo deve ser realizada antes de modelar o insumo virtual e escolher o modelo de DEA.

**Palavras-chave:** Avaliação do Desempenho; DEA; Análise de Envoltória de Dados; Educação; Retornos de Escala.

## Abstract

In this article an application of Data Envelopment Analysis – DEA is carried out to evaluate the existence of constant or variable returns to scale in the performance of technological learning institutions with an emphasis on high school education. CCR, BCC and Guarantee Region models are tested for a set of 23 Federal Centers for Technological Education of Brazil (CEFETs). DEA is used to test the existence of constant (CCR model) or variable (BCC model) returns to scale, adopting enrollments, the number of entries and the results from the National High School Exam (ENEM) as products, and budget, faculty and faculty degrees as inputs. The main results suggest there are variable returns to scale for budget and faculty, but a constant return for degrees. The theoretical implications of the findings suggest that an analysis of each input should be carried out before modeling the virtual input and choosing the DEA model.

**Keywords:** Performance Evaluation; DEA; Data Envelopment Analysis; Education; Returns to Scale.

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino técnico de nível médio, no Brasil, é ofertado por instituições públicas e privadas. A Tabela 1 apresenta esta oferta, com predomínio de cerca de 70% de escolas privadas e revela a expansão da oferta de educação profissional técnica de nível médio no Brasil, com crescimento de cerca de 8% ao ano, no período de 2003 – 2005.

TABELA 1 – Estabelecimentos por Dependência Administrativa, 2003 a 2005 – Brasil.

Ano	Total	Estabelecimentos por Dependência Administrativa							
		Federal		Estadual		Municipal		Privada	
		n	%	N	%	n	%	n	%
2003	2.789	138	4,9	553	19,8	115	4,1	1.983	71,1
2004	3.047	143	4,7	602	19,8	130	4,3	2.172	71,3
2005	3.294	147	4,5	659	20,0	138	4,2	2.350	71,3

Fonte: MEC/Inep/DEEB - Censo Escolar 2003 a 2005.

Considerando as matrículas, há uma distribuição diferente, com menor participação relativa das escolas privadas no lado da demanda, enquanto a Rede Federal de Educação Tecnológica é responsável por 12% da demanda, como se vê na Tabela 2.

TABELA 2 – Matrículas da Educação Profissional por Dependência Administrativa, 2003 a 2005 – Brasil.

Ano	Total	Matrículas por Dependência Administrativa							
		Federal		Estadual		Municipal		Privada	
		n	%	N	%	n	%	n	%
2003	589.383	79.484	13,5	165.266	28,0	19.648	3,3	324.985	55,1
2004	676.093	82.293	12,2	179.456	26,5	21.642	3,2	392.702	58,1
2005	747.892	89.114	11,9	206.317	27,6	25.028	3,3	427.433	57,2

Fonte: MEC/Inep/DEEB - Censo Escolar 2003 a 2005.

A Rede Federal é formada pelos Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFET's), que historicamente são originários das Escolas Técnicas Federais. No final da década de 90, todas as Escolas Técnicas e 10 Escolas Agrotécnicas Federais foram transformadas em CEFET's e, em 2005, o CEFET/PR foi credenciado como Universidade Tecnológica Federal.

Os CEFET's são supervisionados pela Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica do Ministério da Educação do Brasil (SETEC/MEC). A Tabela 3 apresenta as instituições existentes no final de 2005 e a expansão programada para os anos 2006 e 2007. O Plano de Desenvolvimento da Educação, lançado pelo Ministério da Educação, em março de 2007, prevê ainda a instalação de mais 150 novas unidades, entre os anos de 2008 a 2011. Esta expansão da rede pública federal tende a aumentar significativamente sua importância no país.

No contexto desta expansão, uma questão que emerge é quanto à forma de alocação dos recursos federais às escolas. Parte dos recursos tem proporção assegurada na folha de pessoal, independente de seu desempenho. Outra parte, denominada Outros Custeios e Capital – OCC, consiste no orçamento para o funcionamento das escolas e seus investimentos. O método para definição do OCC, usado na SETEC/MEC, no período 2002-2006, é o da repartição do total do orçamento federal entre as escolas com base no número de alunos matriculados em cada tipo de curso.

As unidades com mais professores e mais alunos têm maior valor de orçamento, como resultado da matriz de distribuição de recursos do MEC. Para efeito deste trabalho, pode-se classificá-las em três grupos: a) pequeno porte – 7 unidades (30,4%), OCC menor que 3 milhões de reais; b) médio porte – 6 unidades (26,1%), OCC entre 3 milhões e 4 milhões de reais; e c) maior porte – 10 unidades (43,5%), OCC superiores a 4 milhões de reais.

Implicitamente, há o pressuposto, assim, de retornos constantes de escala entre as escolas para a alocação de recursos e para o desempenho esperado desses mesmos recursos. A verificação desse pressuposto é o principal objetivo deste trabalho.

TABELA 3 – Unidades de Ensino da Rede Federal de Educação Tecnológica por Denominação.

Denominações das Unidades de Ensino	Existentes até 2005	Expansão em 2006 e 2007	TOTAL
Universidade Tecnológica Federal (UTF)	1		1
Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET)	33		33
Escola Técnica Federal (ETF)	1	6	7
Escola Agrotécnica Federal (EAF)	36	3	39
Escola Técnica Vinculada à Universidade Federal (ETUF)	32		32
Câmpus vinculado à UTF (Campus)	5	4	9
Unidade de Ensino Descentralizada vinculada à CEFET (UNED)**	34	49	83
Escola Média de Agropecuária Regional da CEPLAC (EMARC)*	5		5
<b>TOTAL</b>	<b>147</b>	<b>62</b>	<b>209</b>

Fonte: MEC/SETEC.

(\*) CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira.

(\*\*) Unidades de Ensino a serem incorporadas aos Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia.

## 2. EFICIÊNCIA TÉCNICA E ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS

### 2.1. CONCEITO DE EFICIÊNCIA TÉCNICA DE FARREL

A base da Análise de Envoltória de Dados (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978) é o conceito de eficiência técnica apresentado por Farrell (1957), para múltiplos insumos e produtos. A Figura 1 apresenta o conceito de eficiência técnica radial, proposto por Farrell. O ponto  $P$  representa a combinação de dois fatores (insumos, *inputs*)  $x$  e  $y$ , por uma unidade de produto (*output*), utilizada por uma unidade de produção observada. Em retornos constantes de escala e conhecendo a função de produção, a isoquanta  $SS'$  (*supply*) representa as várias combinações dos dois fatores ( $x$  e  $y$ ), que uma unidade de produção perfeitamente eficiente poderia utilizar para produzir uma mesma unidade de produto. O ponto  $Q$ , assim representa uma unidade de produção eficiente, usando os dois fatores na mesma proporção que  $P$ . Percebe-se, aqui, que essa unidade de produção, utilizando apenas uma fração dos fatores –  $OQ/OP$ , produz o mesmo produto que  $P$ , o que levou Farrell a definir  $OQ/OP$  como a *eficiência técnica* da unidade de produção  $P$  (uma orientação a insumo, em DEA).

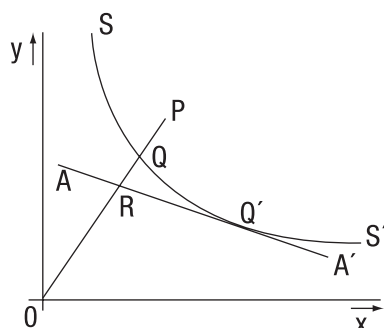


FIGURA 1 – Isoquanta, Eficiência Técnica e Eficiência de Preço.

Fonte: Farrell (1957).

Todavia, no caso de processos de produção complexos, típicos da produção industrial moderna, Farrell (1957) considerou que seria muito difícil especificar teoricamente uma função de produção eficiente. Deste modo, Farrell procurou estabelecer a função de produção, a partir dos dados observados. A partir da representação de cada unidade de produção em uma dispersão de pontos sobre um diagrama de isoquanta (combinação de insumos pela mesma quantidade de produto), a isoquanta eficiente é obtida como uma curva pedaço a pedaço linear mais próxima dos eixos, como se vê na Figura 2 ( $x$  e  $y$  são insumos).

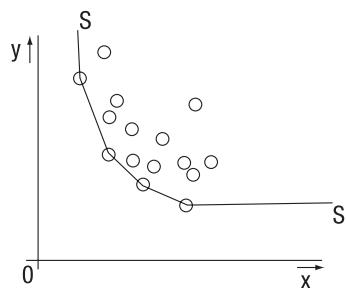


FIGURA 2 – Fronteira Eficiente de Farrell baseada nos dados observados.

Fonte: Farrell (1957).

## 2.2. A Análise de Envoltória de Dados – DEA

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram um método em Programação Linear, para calcular a eficiência técnica de Farrell através da definição da fronteira eficiente e da projeção das unidades ineficientes sobre essa fronteira. O método consiste, inicialmente, em modelar múltiplos produtos e insumos em um único produto “virtual” para um único insumo “virtual” e estabelecendo um escore de eficiência dado por:

$$h = \frac{\text{produto virtual}}{\text{insumo virtual}} \quad (1)$$

onde,

$\text{produto virtual} = u_1 y_{1o} + \dots + u_s y_{so}$ , sendo  $u_1, \dots, u_m$  pesos dos produtos  $y_1, \dots, y_n$

$\text{insumo virtual} = v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo}$  sendo  $v_1, \dots, v_m$  pesos dos insumos  $x_1, \dots, x_m$

O segundo passo consiste em resolver o problema de programação linear que maximiza a eficiência de uma unidade de decisão (denominada DMU – *Decision Making Unit*) sujeito à restrição que nenhuma outra DMU tenha escore maior que 1. A formulação de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) com retornos constantes de escala e orientação a insumo:

$$\max h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad \text{sujeito a:} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

onde  $n$  é o número de DMUs,  $m$  é o número de variáveis de entrada (*input*),  $x_{ij}$  todos positivos, são os insumos (*input*) usados pela DMU  $j$ ,  $s$  é o número de variáveis de saída (*output*),  $y_{rj}$  todos positivos, são os produtos (*output*) conhecidos gerados pela DMU  $j$ ,  $v_i$  é o peso associado ao insumo  $x_i$ , e  $u_r$  é o peso associado ao produto  $y_r$ .

A eficiência de uma unidade de produção em DEA é sempre relativa – a eficiência de uma DMU será sempre calculada em relação a todas as outras. A DMU, em análise, é apresentada com sub-escrito ‘o’ na função objetivo, preservando, no entanto, seu sub-escrito original nas restrições. Obtêm-se os pesos  $v_i$  e  $u_r$

que maximizam  $h_o$ , o qual será o maior até que uma das restrições assuma valor 1. O valor de  $h_o$  é assim, no máximo 1 e o conjunto das DMUs que alcançam valor 1 no quociente quando da otimização para  $DMU_o$ , é denominado conjunto de referência. (COOPER, SEIFORD e TONE, 2006).

O modelo de DEA, denominado CCR realiza a análise, considerando retornos constantes de escala, enquanto o modelo BCC (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984) avalia a eficiência, considerando retornos variáveis de escala. A Figura 3 apresenta a diferença dos modelos CCR e BCC para um caso de lojas e um insumo (empregados) e um produto (vendas). No caso CCR, apenas a loja B é considerada eficiente, enquanto no caso de retornos variáveis de escala, as lojas A, E e H tornam-se também, eficientes, pois há o pressuposto que há diferenças de desempenho em função da escala dos insumos.

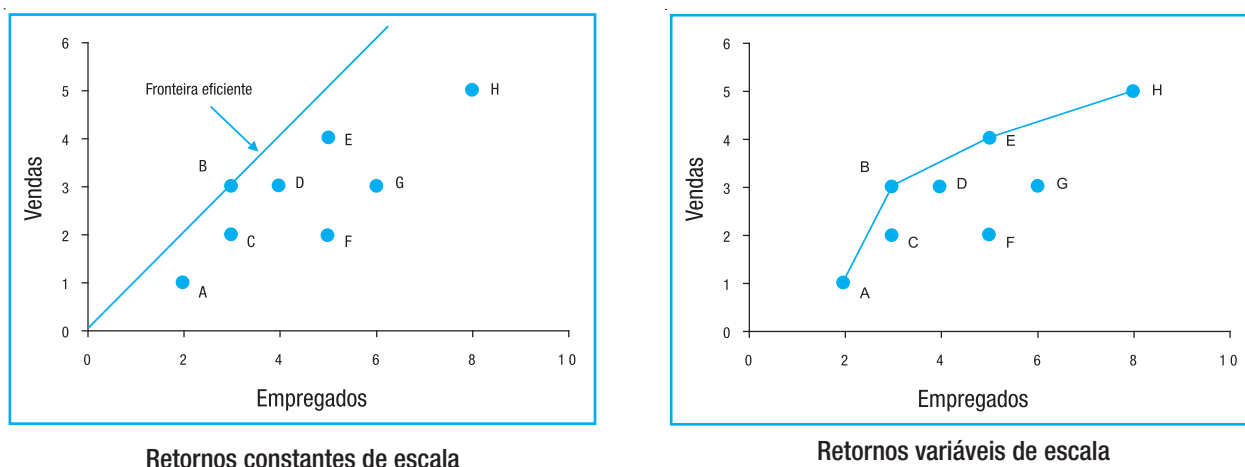


FIGURA 3 – Modelo de Fronteira de Eficiência CCR e BCC e retornos de escala.

Fonte: Baseado em Cooper, Seiford e Tone (2006).

A análise de eficiência pode ser realizada orientada a insumo ou a produto; no primeiro caso, em termos de avaliar o uso de insumos (recursos) para um dado produto e no outro, o produto para um dado nível de insumos. A Figura 4 apresenta uma ilustração da diferença da abordagem de orientação a insumo e a produto, para avaliação do desempenho no caso CCR para a DMU A, da Figura 3.

A escolha da abordagem de orientação a insumo ou produto, é uma decisão relacionada, sobre em qual perspectiva de desempenho se pretende avaliar a DMU – se usa de modo eficiente os insumos ou se produz o que poderia produzir com os insumos de que dispõe.

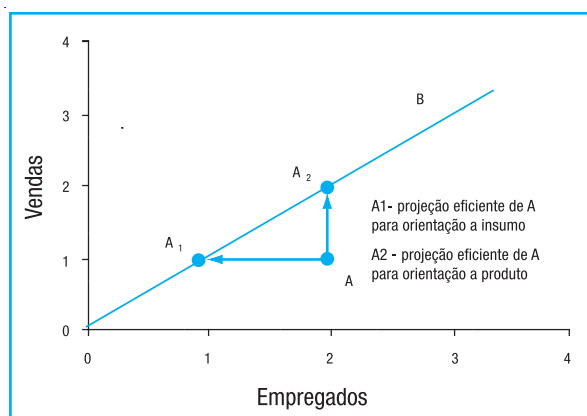


FIGURA 4 – Projeção da Eficiência CCR – Orientação a Insumos e Produtos.

Fonte: Baseado em Cooper, Seiford e Tone (2006).

## 2.3. Estudos de DEA em Educação

Os estudos de DEA em educação têm sido variados em termos de retornos de escala e orientação a insumos ou produtos. O primeiro estudo de DEA (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978, 1981) foi exatamente em educação. Nesse estudo Charnes, Cooper e Rhodes (1978, 1981) desenvolvem uma análise orientada a insumos e considerando o retorno constante de escala. Igualmente, Bessent e Bessent (1980) usam abordagem de retorno constante de escala. Já Afonso e Aubyn (2006) realizam a análise com orientação a produto e retornos variáveis de escala, assim como Färe e Weber (1989). Já estudos no Brasil como o de Lins, Almeida e Bartholo Júnior (2001) aplicam retornos constantes e orientação a insumos, enquanto Ramos e Marcelice (2007) consideram retornos constantes, mas orientação a produtos.

Os estudos de DEA em educação, via de regra, são variados e adotam um modelo de retornos constantes ou variáveis, como pressuposto teórico. Um problema surge, todavia, se o conjunto de insumos adotados possuir diferentes efeitos de escala, ou seja, para alguns insumos há retornos constantes e para outros, retornos variáveis. Neste caso, a reunião de ambos, no mesmo insumo virtual, produz um erro conceitual, seja na aplicação do modelo de retornos constantes seja variáveis. Este trabalho procura contribuir nessa direção.

## 3. A MODELAGEM DEA E OS DADOS UTILIZADOS

As DMUs consideradas foram os CEFETs e a UTF-PR. Os insumos e produtos considerados estão apresentados na Tabela 4.

A Tabela 5 apresenta os dados desses insumos e produtos, tal como retirados das informações oficiais do MEC. Considerando-se que diversas DMU apresentavam valor igual a zero para a variável Concluintes de Nível Superior, esta variável não foi considerada nesta análise, para se evitar distorções. Do mesmo modo, o CEFET-PA não foi considerado na análise, por não possuir resultados do ENEM.

TABELA 4 – Insumos e Produtos considerados.

Insumo(I) Produto(P)	Descrição
(I)ORC	valor do orçamento anual para custeio e investimento de cada DMU - extraído da Matriz de Distribuição Orçamentária do MEC, proporcional à unidade-sede, assim calculado: $ORC = (\text{Número de Alunos da Unidade-sede} / \text{Total de alunos da instituição}) \times (\text{Orçamento total})$ .
(I)DOC	total de docentes - calculado pela soma do número de professores com graduação, com especialização, com mestrado, com doutorado, e com pós-doutorado.
(I)IdxDoc	índice de titulação docente - retirado diretamente do índice usado pelo TCU, calculado, a partir do número de professores com graduação, com especialização, com mestrado e com doutorado, dado por $IdxDoc = (G \times 1 + A \times 2 + E \times 3 + M \times 4 + D \times 5) / (G + A + E + M + D)$ , onde, G = qtde de docentes Graduados; A = qtde de docentes com Aperfeiçoamento; E = qtde de docentes com Pós-Graduação Especialização; M = qtde de docentes Mestres; D = qtde de docentes Doutores.
(P)ENEM	nota de desempenho no ENEM - extraída da base de dados do INEP, como sendo a nota obtida pelos alunos de cada unidade-sede de CEFET ou da UTF. A nota obtida pelos alunos no Exame Nacional de Ensino Médio pode ser tomada como um dos indicadores de qualidade.
(P)MATNM	total de alunos matriculados nos cursos de nível médio - somatório de todos os alunos matriculados nos cursos de ensino médio e nos cursos técnicos de nível médio. A política do MEC em vigor, aponta para a prioridade da oferta de vagas em cursos na Educação Profissional Técnica de nível médio, integrados ao ensino Médio.
(P)CONCNM	total de alunos concluintes dos cursos de nível médio - somatório de todos os alunos concluintes dos cursos de ensino médio e dos cursos técnicos de nível médio. É uma medida da formação técnica efetivamente realizada.
(P)MATNS	total de alunos matriculados em cursos de nível superior - somatório de todos os alunos matriculados nos cursos superiores de Tecnologia (tecnólogos) e nos cursos de licenciaturas. Como todos CEFETs possuem curso superior, este produto deve ser considerado.



TABELA 5 – Lista de DMU's e Dados Brutos dos CEFETs e UTF-PR.

DMU	CEFET/ UTF	(I) ORC	(I) DOC	(I) IdxDoc	(O) MATNS	(O) MATNM	(O) CONCNM	(O) ENEM
1	AL	3.249.507,69	200	3,06	1.304	1.431	421	55,13
2	AM	3.266.349,26	176	2,87	904	2.221	502	53,43
3	BA	3.031.100,77	319	3,23	110	2.966	790	66,07
4	CAM	6.354.731,98	358	3,28	1.566	3.108	840	57,72
5	CE	4.843.718,60	298	3,18	2.188	2.765	345	65,86
6	CSW	4.109.569,32	433	3,34	393	2.067	347	73,64
7	ES	4.459.904,22	271	3,35	610	3.180	865	69,89
8	GO	4.183.504,18	240	3,29	2.236	1.291	390	64,90
9	MA	2.564.526,06	230	3,40	822	1.595	475	59,89
10	MT	2.642.333,00	257	3,18	352	3.034	421	54,85
11	MG	3.897.215,33	399	3,47	738	3.445	722	73,12
12	OP	2.549.871,92	117	3,10	68	1.701	235	63,49
13	PB	2.570.345,60	267	3,39	1.902	2.316	255	59,16
14	PEL	4.288.467,14	274	3,25	269	3.464	857	57,47
15	PE	5.520.231,18	389	2,97	251	4.422	765	66,10
16	PI	3.799.937,21	206	2,76	1.914	3.046	655	50,91
17	NIL	2.713.029,45	65	3,22	361	1.260	277	65,85
18	RN	4.381.067,53	275	3,35	1.545	2.450	610	64,96
19	RR	2.325.099,00	110	2,85	260	1.676	457	55,64
20	SC	3.553.143,11	260	3,19	459	1.913	593	61,11
21	SP	4.215.556,47	230	3,18	1.156	2.441	744	75,17
22	SE	2.498.712,13	136	3,09	202	1.951	500	58,73
23	PR(UT)	5.204.446,78	600	3,80	5.582	893	166	75,75

Para a aplicação, os dados da Tabela 5 foram reescalados para uso nos cálculos de DEA, devido a questões de sensibilidades da DEA, para que se tornem semelhantes em suas magnitudes, do seguinte modo: valor do orçamento anual (ORC) em milhões de reais (R\$ 1.000.000,00); total de docentes (DOC) em centenas de unidades (100); alunos matriculados em cursos de nível superior (MATNS) em milhares de unidades (1.000); alunos matriculados em cursos do nível médio (MATNM) em milhares de unidades (1.000); alunos concluintes dos cursos de nível médio (CONCNM) em centenas de unidades (100); e nota de desempenho no ENEM (ENEM) em dezenas (10). O índice de titulação dos docentes (IdxDoc) não foi reescalado.

Devido ao surgimento de pesos, com valor zero, na modelagem CCR e BCC (ver RAMOS e MARCE-LICE, 2006, e LINS *et al.*, 2004), utilizou-se uma modelagem com restrições de peso na linha adotada por Thompson *et al.* (1986), onde se propõe uma abordagem conhecida como *Assurance Region* ou Região de Garantia, onde se impõe limites aos pesos, garantindo que a variação dos pesos ficará restrita a esta região. Os limites são definidos na forma:

$$L_{2,1} \leq \frac{u_2}{u_1} \leq U_{2,1} \quad (3)$$

onde  $L_{2,1}$  é o limite inferior (*Lower*) para a razão dos pesos de produtos  $u_2/u_1$ , e  $U_{2,1}$  o limite superior (*Upper*) para a mesma razão. A Tabela 6 apresenta os valores mínimos e máximos adotados para os pesos dos produtos.

TABELA 6 – Pesos mínimos e máximos para região de garantia.

Variável	Peso mínimo	Peso máximo
(output) ENEM	30%	50%
(output) CONCNM	10%	50%
(output) MATNM	10%	50%
(output) MATNS	10%	50%

A orientação adotada foi a produto, devido ao interesse principal na política de governo de produzir mais, em vez de otimizar recursos dado uma limitação de produtos.

### 3.3. Ferramenta computacional

Foi utilizado o *software* DEA-SOLVER de Cooper, Seiford e Tone (2006), usando o modelo de Assurance Region (AR), orientado a produto e com retornos constantes e retornos de escala, correspondendo às opções AR-O-C e AR-O-V do *software*.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise da Eficiência em relação ao Insumo Orçamento

A análise, considerando retornos constantes de escala (AR-O-C), indica que apenas cinco CEFETs (RR, MA, PB, MT e BA), os menores, seriam eficientes. Todos os dez CEFETs de maior porte (CSW, GO, SP, PEL, RN, ES, PR, PE e CAM) obtêm escores que variam de 0,854 a 0,547 e seriam considerados ineficientes nesta análise. Esta análise mostra que as unidades com maiores orçamentos apresentam baixos escores, o que indica que a gestão dos recursos orçamentários dessas unidades seria ineficiente (Tabela 7 e Figura 5).

Na análise AR-O-V, os mesmos CEFETs de menor ou médio porte (RR, MA, PB, MT e BA), incluídos entre os oito que têm o menor orçamento, também se apresentam eficientes, ao lado dos CEFETs de maior orçamento (CAM, PE, PR, ES, SP e MG), que obtêm a máxima eficiência nesta análise (Tabela 7, Figura 6). Onze CEFETs, 47,8% do total, são eficientes nesta análise.

TABELA 7 – Escores com Retorno Constante e Variável, Insumo Orçamento.

DMU	(I)ORC	AR-O-C	AR-O-V
RR	2,33	1	1
SE	2,50	0,9940522	0,9948337
OP	2,55	0,9527054	0,9586881
MA	2,56	1	1
PB	2,57	1	1
MT	2,64	1	1
NIL	2,71	0,9335854	0,9450509
BA	3,03	1	1
AL	3,25	0,7731397	0,8227716
AM	3,27	0,7666524	0,8139135
SC	3,55	0,7533924	0,8396983
PI	3,80	0,8273681	0,9486867



DMU	(I)ORC	AR-O-C	AR-O-V
MG	3,90	0,8753894	1
CSW	4,11	0,7057458	0,8832171
GO	4,18	0,7203667	0,8677516
SP	4,22	0,8341119	1
PEL	4,29	0,7451703	0,9729245
RN	4,38	0,7299471	0,9045320
ES	4,46	0,7719092	1
CE	4,84	0,6219802	0,9202603
PR	5,20	0,8537416	1
PE	5,52	0,6498378	1
CAM	6,35	0,5474715	1

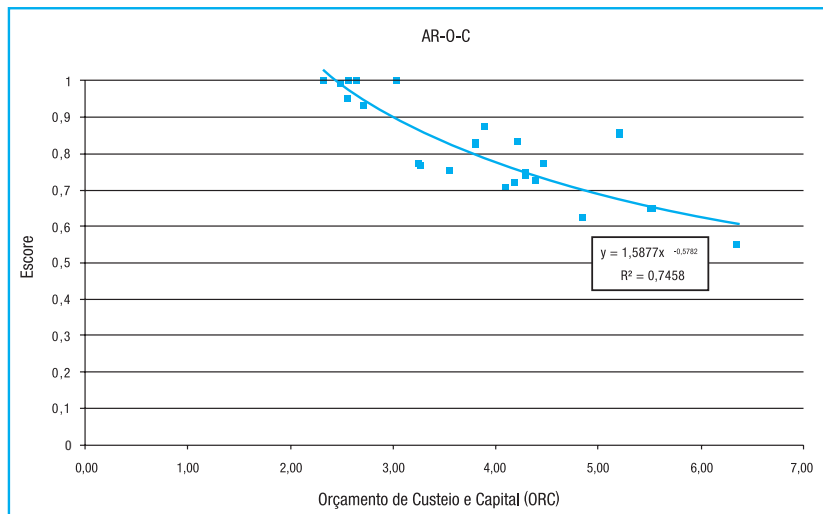


FIGURA 5 – Escores com Retorno Constante, Insumo Orçamento.

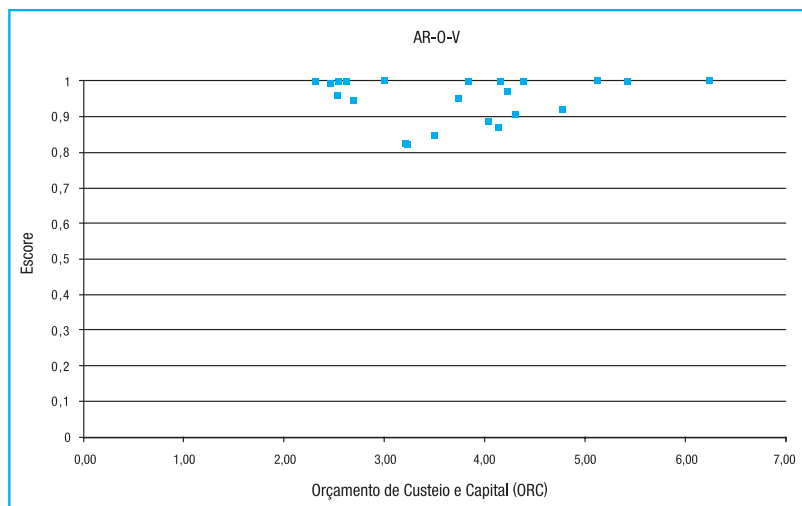


FIGURA 6 – Escores com Retorno Variável, Insumo Orçamento.

O resultado da análise sugere que existe retorno decrescente de escala para a variável ORC. Pode-se inferir como uma das possibilidades dessa dificuldade de gestão das unidades de maior porte, o fato de elas serem mais complexas, por atuarem em áreas diversificadas, o que as fazem perder eficiência. Isso sugere que não se pode esperar de instituições de maior porte, para um desempenho de eficiência similar ao das de menor porte.

## 4.2. Análise da Eficiência em relação ao Insumo Docentes

Na análise com retornos constantes, apenas uma DMU, a menor de todas (CEFET NIL) resulta eficiente. Todas as demais são ineficientes. Os dez CEFETs (43,5% do total) que apresentam maior número de docentes, obtêm escores que variam de 0,481 a 0,236 (Tabela 8 e Figura 7).

TABELA 8 – Escores com Retorno Constante e Variável, Insumo Docentes.

DMU	(I)DOC	AR-O-C	AR-O-V
NIL	0,65	1	1
RR	1,10	0,7080906	0,9813264
OP	1,17	0,5768203	0,9146518
SE	1,36	0,6253394	0,9700048
AM	1,76	0,5025242	0,8633776
AL	2,00	0,4040942	0,816407
PI	2,06	0,5509022	1
MA	2,30	0,36558	0,7632759
SP	2,30	0,5267051	1
GO	2,40	0,3813737	0,9718228
MT	2,57	0,3333837	0,8266875
SC	2,60	0,3603009	0,799165
PB	2,67	0,3328845	0,8754793
ES	2,71	0,4811384	1
PEL	2,74	0,458661	0,9638358
RN	2,75	0,3964687	0,9308779
CE	2,98	0,3442484	0,9905129
BA	3,19	0,3769188	0,9276267
CAM	3,58	0,3599334	1
PE	3,89	0,3345959	1
MG	3,99	0,3083599	1
GSW	4,33	0,1871235	0,8792316
PR	6,00	0,2356912	1

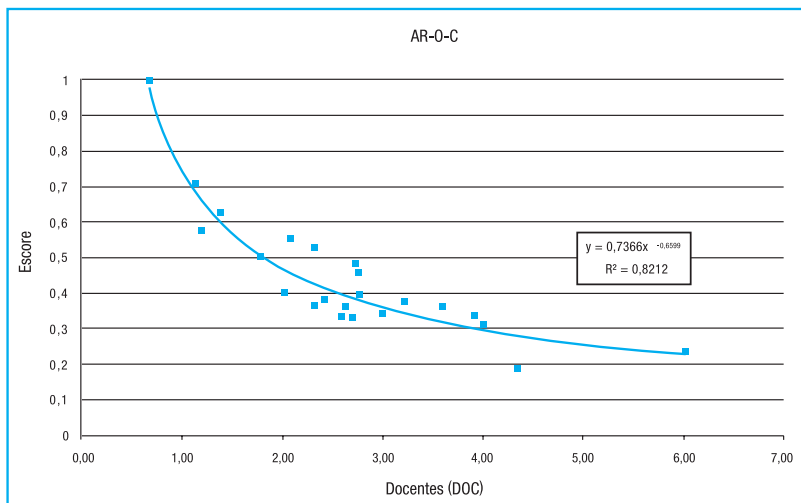


FIGURA 7 – Escores com Retorno Constante, Insumo Docentes.

O resultado da análise, com retornos variáveis, coloca várias DMUS maiores na fronteira de eficiência, conforme pode ser visto na Tabela 8 e na Figura 8, com quatro dos CEFETs de maior porte (CAM, PE, MG, e PR) como eficientes. Apenas o CEFET NIL, o que tem o menor número de professores, apresenta-se como eficiente tanto na análise com retornos constantes e variáveis. Este resultado aponta para a existência de retorno variável de escala para o insumo docente. Maior número de docentes resulta em menor eficiência, sugerindo novamente aqui, haver retornos decrescentes de escala.

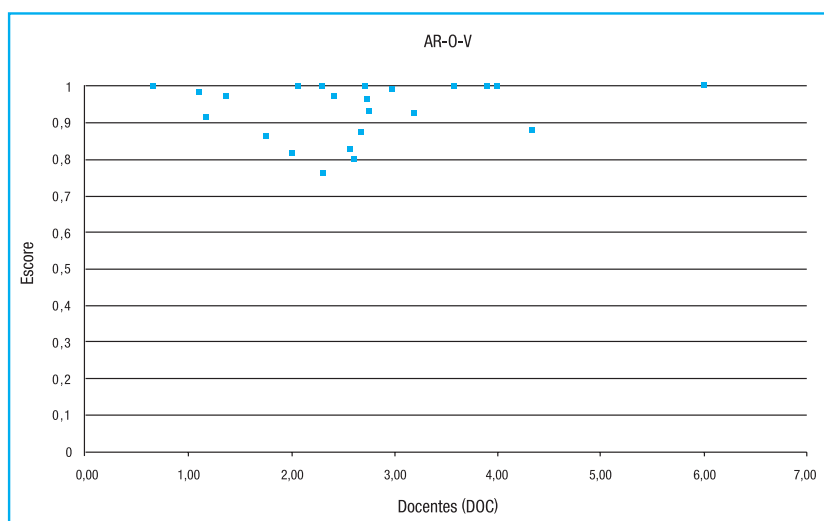


FIGURA 8 – Escores com Retorno Variável, Insumo Docentes.

### 4.3. Análise da Eficiência em relação ao Insumo Índice de Titulação Docente

Analisando com retornos constantes para o insumo Índice de Titulação Docente- IdxDoc, observa-se que tanto CEFET's com menores e maiores índices de titulação, resultam eficientes. A análise com retornos variáveis não produz muitas diferenças. Estes resultados sugerem haver retornos constantes para o perfil de titulação docente, mesmo havendo produtos com dimensão qualitativa, como o desempenho dos egressos no ENEM (Tabela 9 e Figuras 9 e 10).

TABELA 9 – Escores com Retorno Constante e Variável, Insumo Índice de Titulação.

DMU	(I)IdxDOC	AR-O-C	AR-O-V
PI	2,76	1	1
RR	2,85	0,7877214	0,8461106
AM	2,87	0,8125973	0,8438154
PE	2,97	1	1
AL	3,06	0,7654375	0,780335
SE	3,09	0,772979	0,7732019
OP	3,10	0,7566435	0,7568753
CE	3,18	0,944625	0,946333
MT	3,18	0,7214901	0,7547287
SP	3,18	1	1
SC	3,19	0,7966598	0,799165
NIL	3,22	0,7579377	0,7674715
BA	3,23	0,9237757	0,9450913
PEL	3,25	0,9361567	0,9642848
CAM	3,28	0,9876817	1
GO	3,29	0,8617002	0,8688109
CSW	3,34	0,8371127	0,8792316
ES	3,35	0,9842355	1
RN	3,35	0,8720445	0,9031637
PB	3,39	0,7742291	0,7917129
MA	3,40	0,7138874	0,7632759
MG	3,47	0,9043532	1
PR	3,80	1	1

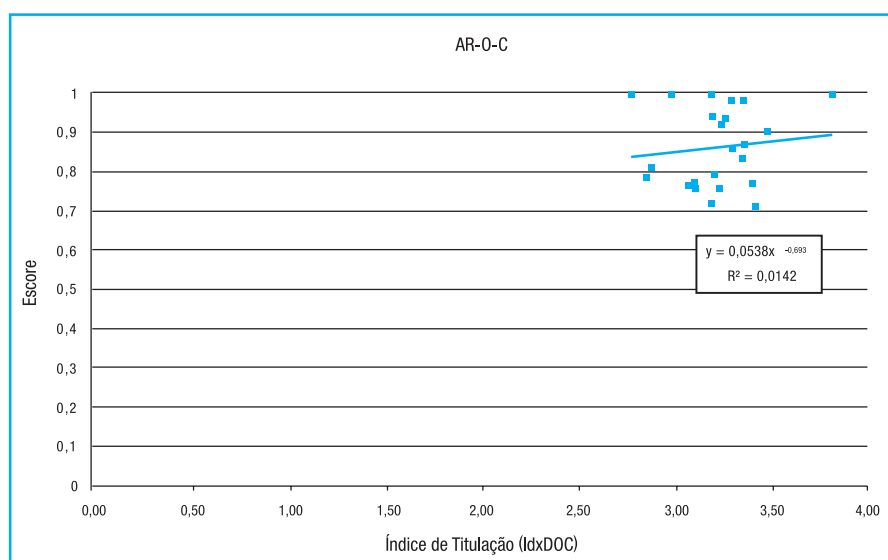


FIGURA 9 – Escores com Retorno Constante, Insumo Índice de Titulação.

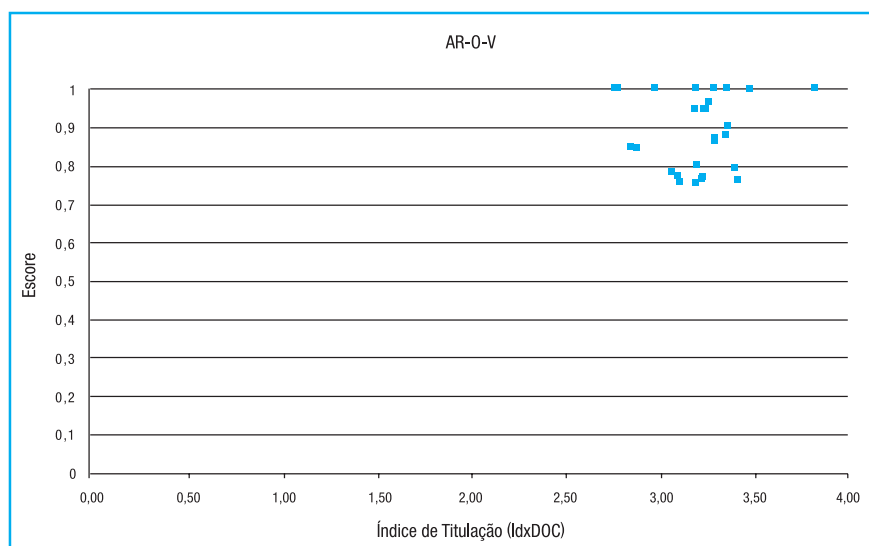


FIGURA 10 – Escores com Retorno Variável, Insumo Índice de Titulação.

## 4.4. Conclusões e Implicações Teóricas e Práticas

A análise utilizando os insumos valor do orçamento –ORC e número de docentes- DOC, apontou que há retorno decrescente de escala. Quanto maior o porte da instituição e maior o número de docentes, mais difícil será para manter o mesmo padrão de desempenho, o que sugere que não se pode esperar resultados proporcionais aos aumentos de orçamento e do seu quadro de docentes.

A análise usando o insumo índice de titulação docente- IdxDoc, indica que há retorno constante de escala. Os escores obtidos, usando AR-O-C e AR-O-V, são similares, seja para escolas de pequeno, médio ou maior porte, o que aponta para obtenção resultados proporcionais à sua proporção de titulados.

A principal implicação prática desses resultados é a necessidade de tratar de modo diferente o processo de alocação de recursos, se for usado como base o desempenho. Assim, as escolas maiores deveriam receber recursos em proporção maior que as menores ou se esperar resultados, proporcionalmente, inferiores no desempenho. No caso dos investimentos em titulação, é esperado que quanto maior a titulação, maior seja proporcionalmente o desempenho esperado nos indicadores de desempenho adotados, p. ex., no desempenho no ENEM.

A principal implicação teórica diz respeito aos pressupostos de modelos com retornos constantes ou variáveis de escala. Na medida em que insumos diferentes podem ter efeitos diferentes de retornos de escala, entender esses efeitos é fundamental para a modelagem mais adequada a cada caso, como na análise dos escores apresentada neste trabalho.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO, António; AUBYN, Miguel St. Cross-country efficiency of secondary education provision: A semi-parametric analysis with non-discretionary inputs. *Economic Modelling* 23, 476-491, 2006.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some Models for Estimating Technical and Scales Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, Vol. 30, nº. 9, 1078-1092, Sept. 1984.
- BESSENT, A.; BESSENT, E. Determining the comparative efficiency of schools through data envelopment analysis. *Educational Administration Quarterly*, 16, 57-75, 1980.

- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. **Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application**. Boston/ Dordrecht/ London: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Evaluating program a managerial efficiency: an application of Data Envelopment Analysis to program follow through. **Management Science**, v. 27, nº. 6. pp. 668-697, 1981.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**. v. 2, nº. 6. pp 429-444, 1978.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; LEWING, Arie Y.; SEIFORD, Lawrence M. **Data Envelopment Analysis – Theory, Methodology and Applications**. Kluwer, 1994, second edition (1996).
- COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; TONE, Kaoru. **Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses**. Springer, 2006.
- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; WEBER, W., Measuring school district performance. **Public Finance Quarterly**, 17, 409–428, 1989.
- FARREL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistic Society**, series A, part 3, pp 253-290, 1957.
- LINS, Marcos P.E.; ALMEIDA, Bernardo F.; BARTHOLO JUNIOR, Roberto. Avaliação de desempenho na pós-graduação utilizando a Análise Envoltória de Dados: o caso da Engenharia de Produção. **Revista Brasileira de Pós-Graduação** nº. 1, 41-56, julho 2004.
- LOPES, Ana Lúcia M.; LANZER, Edgar A. Data Envelopment Analysis – DEA and fuzzy sets to assess the performance of academic departments: a case study at Federal University of Santa Catarina – UFSC. **Pesquisa Operacional**, v.22, nº.2, pp.217-230, julho a dezembro de 2002.
- RAMOS, Rubens E. B.; MARCELIE, Harlan G. Aplicando DEA para simplificar a avaliação de desempenho de programas de pós-graduação: um estudo com Programas de Engenharia Mecânica e Produção, 2001-2003. **GEPROS – Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Ano 2, Vol. 2, pp. 59-72, jan-abr/2007.
- THOMPSON, R.G.; SINGLETON, F.D.; THRALL JUNIOR, R.M.; SMITH, B.A. Comparative Site Evaluations for Locating a High-Energy Physics Lab in Texas. **Interfaces**, v.16, nº. 6, pp. 35-49, 1986.