

## **ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA ALOCAÇÃO DE RECURSOS: UMA PROPOSTA DE ALGORITMO SEQUÊNCIAL**

**Fabiana Rodrigues Leta**

Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal Fluminense  
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ  
fabiana@ic.uff.br

**Eliane Gonçalves Gomes**

Embrapa Monitoramento por Satélite  
Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803, Parque São Quirino, 13088-300, Campinas, SP  
eliane@cnpm.embrapa.br

**João Carlos Correia Baptista Soares de Mello**

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense  
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24240-240, Niterói, RJ  
jcsmello@producao.uff.br

**Maria Helena Campos Soares de Mello**

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense  
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24240-240, Niterói, RJ  
gmamhel@vm.uff.br

### **Resumo**

A alocação de recursos é um dos problemas clássicos abordados pela Pesquisa Operacional. A inserção de modelos de Análise Envoltória de Dados (DEA) nesse contexto traz novas possibilidades de estudo, em especial quando combinada com o uso de algoritmos de programação inteira. Este artigo apresenta um algoritmo para distribuição de recursos discretos usando modelos DEA de forma seqüencial. O método proposto é aplicado no estudo de caso da alocação de vagas docentes na Universidade Federal Fluminense. Os resultados são comparados com aqueles obtidos pela comissão encarregada da distribuição das vagas e com os do método de Hondt.

**Palavras-chave:** DEA – Alocação de recursos – Algoritmo seqüencial.

### **Abstract**

The resource allocation is one of the main problems in Operational Research. The use of Data Envelopment Analysis (DEA) in this field is a new feature with a great potential, mainly when combined with integer programming problems. This paper presents an algorithm to allocate integer resources using a step-by-step DEA algorithm. We applied the proposed approach to a real case study, which consists in allocating teacher positions in some departments of Universidade Federal Fluminense. We compare the results with those obtained by the official commission and also with the Hondt method.

**Key words:** DEA – Resources Allocation – Step-by-step algorithm.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os modelos de Análise Envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) medem a eficiência de unidades tomadoras de decisão. O resultado dessa medida serve normalmente para avaliar as unidades e indicar quais as melhores práticas gerenciais em que elas devem se espelhar.

A medida de eficiência pode ser considerada como um índice de aproveitamento de recursos, e, sendo assim, pode ser usada para a alocação e re-alocação de recursos. Deve-se alocar mais recursos para as unidades que melhor fazem uso deles. A quantificação dos recursos para cada unidade pode ser feita de forma proporcional ao índice de eficiência, desde que os recursos possam ser expressos como uma variável contínua. No caso de a variável ser discreta, a simples proporcionalidade não é aplicável, já que se pode atribuir quantidades fracionárias às unidades em avaliação.

Este artigo apresenta um modelo seqüencial de atribuição de recursos em modelos DEA, inspirado no modelo de votação de Hondt (Shuster et al., 2003), considerando-se que o excesso de recursos a ser distribuído tem soma constante. Caso fosse de interesse realocar os recursos já existentes, mantendo-se constante o total dos recursos (soma dos recursos constante) poderia ser usado o modelo DEA com Ganhos de Soma Zero – GSZ-DEA (Gomes, 2002; Lins et al., 2003), orientado a *inputs*.

O algoritmo seqüencial de alocação de recursos em DEA proposto neste artigo é aplicado à distribuição de vagas docentes aos departamentos de ensino do Centro Tecnológico da Universidade Federal Fluminense (UFF). O modelo considera o número de professores de cada departamento, o envolvimento com atividades de ensino e pesquisa e a existência de projetos de expansão aprovados. São usados dados da Comissão Provisória de Alocação de Vagas Docentes (CPAVD) da UFF.

## 2. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) tem como objetivo medir a eficiência de unidades tomadoras de decisão, designadas por DMUs (*Decision Making Units*), na presença de múltiplos *inputs* (entradas, recursos ou fatores de produção) e múltiplos *outputs* (saídas ou produtos).

Há dois modelos DEA clássicos: CCR e BCC. O modelo CCR (também conhecido por CRS ou *constant returns to scale*), trabalha com retornos constantes de escala (Charnes et al., 1978). Em sua formulação matemática considera-se que cada DMU  $k$  é uma unidade de produção que utiliza  $n$  *inputs*  $y_{ik}$ ,  $i=1, \dots, n$ , para produzir  $m$  *outputs*  $x_{jk}$ ,  $j=1, \dots, m$ . Esse modelo maximiza o quociente entre a combinação linear dos *outputs* e a combinação linear dos *inputs*, com a restrição de que para qualquer DMU esse quociente não pode ser maior que 1.

Mediante alguns artifícios matemáticos, esse modelo pode ser linearizado, transformando-se em um Problema de Programação Linear (PPL) apresentado em (I), onde  $h_o$  é a eficiência da DMU  $o$  em análise;  $x_{io}$  e  $y_{jo}$  são os *inputs* e *outputs* da DMU  $o$ ;  $v_i$  e  $u_j$  são os pesos calculados pelo modelo para *inputs* e *outputs*, respectivamente.

$$\begin{aligned} \max h_o &= \sum_{j=1}^m u_j y_{jo} \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{i=1}^n v_i x_{io} &= 1 \\ \sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} &\leq 0, \quad k = 1, \dots, n \\ u_j, v_i &\geq 0 \quad \forall x, y \end{aligned} \quad \text{(I)}$$

O modelo BCC (Banker et al., 1984), também chamado de VRS (*variable returns to scale*), considera situações de eficiência de produção com variação de escala e não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*.

Embora os modelos DEA tenham a vantagem de permitir fazer ordenações sem depender de opiniões de decisores, são extremamente benevolentes com as unidades avaliadas. Estas podem ser eficientes desconsiderando várias das variáveis de avaliação. Assim, é comum haver um grande número de DMUs com eficiência 100%. Entretanto, quando há preferências entre os *inputs* e/ou *outputs* por parte dos agentes de decisão, esses julgamentos são incorporados aos modelos DEA através de restrições aos pesos (ou multiplicadores) associados aos *inputs* e/ou aos *outputs* das unidades avaliadas. Allen et al. (1997) apresentam uma completa revisão da evolução da incorporação de julgamentos de valor através de restrições aos pesos.

A incorporação de julgamentos de valor através de restrições aos pesos pode ser dividida em três grupos de métodos (Lins e Angulo-Meza, 2000): restrições diretas sobre os multiplicadores; ajuste dos níveis de *input-output* observados para a captura de julgamentos de valor; restrição a *inputs* e *outputs* virtuais.

### 3. ALOCAÇÃO DE RECURSOS EM DEA

A alocação de recursos é um dos problemas clássicos abordados pela Pesquisa Operacional, em especial, pelos modelos de programação matemática. A inserção de DEA nesse contexto traz a possibilidade de considerar os planos de produção viáveis e de verificar os *tradeoffs* entre *inputs* e *outputs*, com base na caracterização do conjunto de possibilidades de produção (Korhonen e Syrjänen, 2001).

O objetivo de um controle central ao alocar recursos às unidades constituintes é que a produção global seja maximizada, ou seja, a questão da alocação dos recursos (*inputs*) está intrinsecamente ligada na prática ao estabelecimento de alvos para a produção (*outputs*) (Beasley, 2001).

Na literatura, sob o tema “alocação de recursos em DEA” são encontrados, basicamente, dois segmentos de pesquisa: alocação de recursos e estabelecimento de alvos. A determinação de alvos é a especificação de níveis de *inputs* ou *outputs* para cada DMU isoladamente, independentemente do contexto organizacional em que esteja inserida (sem considerar a limitação dos recursos).

A alocação de recursos refere-se à determinação dos níveis de *inputs* ou *outputs*, quando a organização tem limitados recursos de *inputs* ou possibilidades de *outputs*. Neste caso, os níveis das variáveis devem ser estabelecidos simultaneamente para que as limitações de recursos sejam respeitadas.

#### 3.1. Estado da arte

Um procedimento em cinco etapas para a alocação de *inputs* é apresentado por Golany et al. (1993). Os recursos são distribuídos de acordo com as eficiências (ponderadas) das DMUs. Este estudo, também classificado como de determinação de alvos, usa o modelo DEA aditivo (Charnes et al., 1985).

Para o caso de *output* único, Golany e Tamir (1995) apresentam um modelo de alocação de recursos que determina simultaneamente os alvos para *inputs* e *outputs*, com base na maximização total do *output*.

Athanassopoulos (1995, 1998) apresenta dois modelos de alocação de recursos. O primeiro é baseado em programação por metas e DEA, e a fronteira de eficiência é caracterizada de maneira semelhante ao modelo DEA do envelope. As DMUs neste modelo são apresentadas de maneira global com relação aos alvos organizacionais. No segundo modelo, o conjunto de possibilidades de produção é apresentado com restrições, o que lembra o modelo DEA dos multiplicadores.

Para o caso de *input* único, Thanassoulis (1996) propõe um modelo de programação inteira mista, que agrupa as unidades em conjuntos e determina um nível marginal de recursos. Este fator é usado pelos decisores para alocar o recurso. Em outro artigo (Thanassoulis, 1998), o mesmo autor estima (por regressão e programação linear) um conjunto único de fatores que são aplicadas a todas as DMUs, ainda considerando-se o caso de *input* único.

Beasley (2001) apresenta um modelo de alocação de recursos que partem da reinterpretação de DEA como sendo um modelo não linear único visto do nível organizacional. Neste modelo, os pesos são escolhidos simultaneamente para todas as DMUs, maximizando a eficiência média.

O problema da alocação de recursos em um ambiente de decisão centralizado, no qual o interesse é maximizar os *outputs* que cada unidade pode produzir com os recursos disponíveis, é tratado por Korhonen e Syrjänen (2001). Os autores utilizam DEA e programação linear multiobjetivo na escolha do plano de alocação mais preferido.

Yan et al. (2002) discutem um modelo DEA inverso (Wei et al., 2000) com restrições de preferência sobre as variáveis, no qual a DMU estima os níveis de *inputs/outputs* quando da revisão dos níveis passados, dada a eficiência atual. O modelo proposto é aplicado à re-alocação dos recursos em um grupo de produtores de aparelhos elétricos.

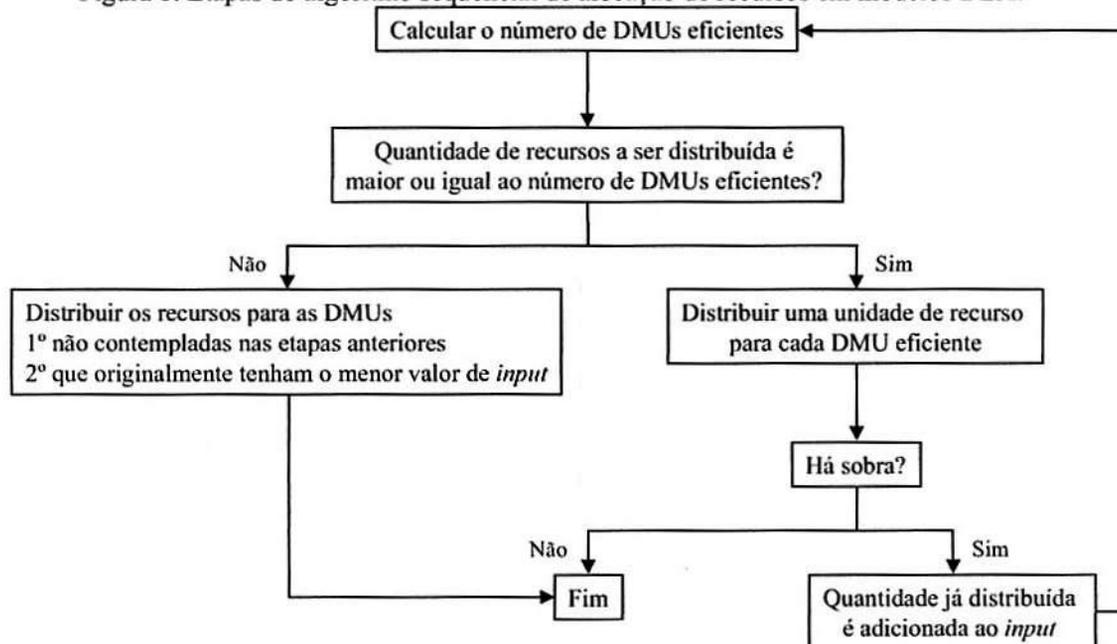
#### 4. ALGORITMO SEQUENCIAL PARA ALOCAÇÃO DE RECURSOS EM DEA

Uma abordagem simplista para a distribuição de recursos discretos usando modelos DEA é distribuir os recursos disponíveis apenas para as unidades eficientes. Esta abordagem levanta, no entanto, dois problemas. O primeiro é que a quantidade de recursos a serem distribuídos pode não ser múltiplo do número de DMUs eficientes, o que obrigaria a algum tipo de ordenação entre as unidades de eficiência 100%. Outro problema é que esta alocação desconsidera a existência de DMUs ineficientes mas muito próximas da eficiência. Pode não ser conveniente atribuir todos os recursos às unidades eficientes e não atribuir nada a uma DMU com, por exemplo, 99% de eficiência.

Este é um problema semelhante ao da transformação de votos em vagas para deputados. Um dos métodos de resolver este problema é o algoritmo de Hondt (Shuster et al., 2003), que preenche as vagas de forma sequencial. O algoritmo atribui uma vaga de cada vez, segundo determinados indicadores.

O algoritmo proposto neste artigo segue uma filosofia semelhante, cujas etapas são apresentadas na Figura 1.

Figura 1: Etapas do algoritmo sequencial de alocação de recursos em modelos DEA.



No algoritmo proposto, os recursos são distribuídos a cada conjunto de DMUs eficientes, mas apenas uma unidade de recurso para cada DMU eficiente. Feita esta distribuição, supõe-se que os recursos já foram efetivamente distribuídos e calculam-se as novas DMUs eficientes, repetindo-se o algoritmo até distribuir todos os recursos. O objetivo deste passo é verificar qual seria o comportamento das DMUs, se estas mantivessem a mesma produção, mas pudessem contar com os recursos agora distribuídos. Desta forma, o algoritmo proposto é um algoritmo sequencial de distribuição de recursos, que toma como base para a alocação as eficiências calculadas pelos modelos DEA.

Especial atenção deve ser dada ao caso em que a quantidade de recursos a ser distribuída for inferior ao número de DMUs eficientes, em determinada etapa do processo. Neste caso, propõe-se que os recursos sejam distribuídos, em primeiro lugar, para as unidades eficientes que não foram contempladas nas etapas anteriores e, em seguida, para as unidades eficientes com menor quantidade original do recurso (*input*) em questão.

## 5. ESTUDO DE CASO

### 5.1. Problema

Em 2001 o Conselho Universitário da Universidade Federal Fluminense determinou que a Comissão Provisória de Alocação de Vagas Docentes (CPAVD) estabelecesse critérios acadêmicos para a alocação de vagas docentes da carreira do magistério superior nos departamentos de ensino. Esta comissão deveria então elaborar uma proposta de distribuição de vagas, baseada nos seguintes critérios preestabelecidos (UFF, 2001a):

- No mínimo 60% considerando a relação professor/aluno e a carga horária didática;
- Até 30% segundo a produção acadêmica;
- Até 20% segundo os projetos de expansão aprovados.

A proposta detalha, ainda, que:

- A relação professor/aluno e a carga horária didática só deverão levar em conta atividades presenciais e gratuitas, nas quais os professores não recebam *pro-labore*;
- Na produção acadêmica departamental deverão ser considerados os dados constantes no Relatório SAD/RADOC relativos a 1999 e 2000;
- Na análise dos projetos de expansão sejam considerados os pleitos acadêmicos relativos à criação de cursos, habilitações, áreas de concentração, campos de confluência, ampliação de turmas ou turnos, reformulações curriculares, entre outros, desde que aprovados pelos Conselhos Superiores da universidade.

A relação professor/aluno é calculada considerando-se dois indicadores: professores do quadro permanente da carreira do magistério superior, lotados e em exercício no respectivo departamento, e os estudantes regularmente matriculados e inscritos em disciplinas ministradas presencialmente por professores do respectivo departamento.

A carga horária didática departamental é expressa pela carga horária total das disciplinas ministradas pelo departamento, presenciais e gratuitos.

Para o cálculo da produção acadêmica, a CPAVD utilizou a base de dados da GED (Gratificação de Estímulo à Docência), com as seguintes considerações (UFF, 2001b):

- Utilizar os pesos já aprovados no Conselho de Ensino e Pesquisa que fazem parte da pontuação de produção para a GED;
- Retirar os itens: artigos de opinião, publicações em veículos de circulação local, trabalhos apresentados em Congressos Científicos, Resumos publicados em Congressos Científicos, textos didáticos para uso local e participações em Exposições ou Apresentações artísticas;
- Manter os itens: capítulos de livros publicados, artigos de divulgação científica, filmes (vídeos) artísticos, filmes (vídeos) científicos, livros publicados, artigos em periódicos internacionais, artigos em periódicos internacionais indexados, artigos em periódicos nacionais, artigos em periódicos nacionais indexados, processos desenvolvidos com ou sem patente, produtos desenvolvidos com ou sem patente, teses doutorado defendidas e

aprovadas, teses doutorado orientadas e aprovadas, teses mestrado defendidas e aprovadas, teses mestrado orientadas e aprovadas e trabalhos publicados em anais de congressos;

- Utilizar apenas os dados relativos ao ano de 2000, já que os dados relativos ao ano de 1999 revelaram-se incompletos para a Comissão, não diferenciando os periódicos indexados dos não-indexados, o que provoca uma discrepância de difícil correção.

Uma vez calculado o total da produção acadêmica de cada departamento foi feita a divisão pelo número de docentes efetivos de cada departamento. Em seguida foi feita uma ordenação decrescente até o número de vagas a ser distribuído por este critério. Essa hierarquia serviu de base para a distribuição das vagas docentes.

Essa abordagem apresenta alguns inconvenientes. O primeiro é que na prática esta é uma abordagem de pesos fixos, não possibilitando a avaliação de cada departamento segundo suas maiores necessidades. O segundo é que é uma avaliação estática, já que distribui todos os recursos considerando a situação em um determinado instante. Não leva, portanto, em conta o fato de que a distribuição do primeiro recurso já alterou toda a situação que havia sido avaliada. O modelo DEA corrige o primeiro inconveniente; o uso do algoritmo seqüencial proposto neste artigo, o segundo.

## 5.2. Modelagem

Como exposto na descrição do problema, as DMUs são os departamentos de ensino do Centro Tecnológico da UFF, no total de 12 unidades de avaliação.

Uma vez que os recursos a serem distribuídos são vagas para abertura de concurso para docentes, o *input* único é o número de docentes alocados em cada departamento. Os *outputs* devem estar relacionados ao trabalho desses professores e são representados pelo número de alunos.hora equivalente atendidos pelo departamento, produção científica e a existência de projetos de expansão aprovados pelos colegiados superiores da universidade.

O *output* “projetos de expansão” é uma variável binária, recebendo valor 1 caso haja projeto aprovado, e zero caso contrário. “Alunos.hora equivalente” refere-se ao número de alunos multiplicado pelo número de horas.aula de cada um, dividido por um coeficiente estipulado pelo Ministério da Educação (MEC), que se destina a equiparar as várias áreas do conhecimento. No caso em estudo, esse coeficiente foi igual para todos os departamentos.

Além destes, que foram considerados pela CPAVD, considerou-se ainda o *output* número de disciplinas de cada departamento. A inclusão desta variável tem como objetivo assegurar que departamentos que ofereçam muitas disciplinas nas quais se inscrevem poucos alunos possam ter condições mínimas de atendimento aos discentes.

A Tabela 1 apresenta os dados utilizados neste artigo, na qual TAU = Departamento de Arquitetura; TCC = Departamento de Ciência da Computação; TDT = Departamento de Desenho Técnico; TEC = Departamento de Engenharia Civil; TEE = Departamento de Engenharia Elétrica; TEM = Departamento de Engenharia Mecânica; TEP = Departamento de Engenharia de Produção; TEQ = Departamento de Engenharia Química; TET = Departamento de Engenharia de Telecomunicações; TMC = Departamento de Ciência dos Materiais; TMI = Departamento de Metalurgia Industrial; TUR = Departamento de Urbanismo.

Tabela 1: DMUs, *input* e *outputs* para o estudo de caso.

Departamento	Docentes	Alunos.hora	Projetos de expansão	Disciplinas	Produção científica
TAU	25	155,9	0	29	13,1
TCC	43	456,7	0	51	26,3
TDT	11	86,7	0	12	15,2
TEC	61	406,4	1	99	14,1
TEE	30	79,4	0	43	12,8
TEM	24	157	0	40	44,8
TEP	33	415,2	0	38	42,4
TEQ	22	108,0	0	44	5,5

TEI	35	217,0	0	30	0,0
TMC	18	122,6	1	29	5,4
TMI	22	116,7	1	33	8,8
TUR	14	115,8	0	23	18,1

Foi usado o modelo DEA CCR, com restrições aos pesos. A escolha do modelo CCR ao invés de BCC justifica-se por este atribuir eficiência 100% para unidades com menor *input* e maior *output*, independente da relação entre eles. Neste caso, um departamento poderia receber vagas de professor só porque é de porte muito grande ou muito pequeno.

A modelagem proposta mede o quanto um departamento está sobrecarregado: quanto mais eficiente é uma DMU, mais trabalho têm os seus professores.

As restrições destinam-se a adequar o modelo DEA clássico, que dá total liberdade aos pesos, às determinações do Conselho Universitário da UFF (UFF, 2001a), que obrigam a que o maior número de vagas seja distribuído considerando-se as atividades didáticas, em seguida a produção científica e, por último, os projetos de expansão aprovados. Devido ao uso do software *Frontier Analyst* (Angulo-Meza e Lins, 2000), em vez de restrições diretas aos pesos usaram-se restrições ao *input* virtual, respeitando-se as condições acima descritas. Os pesos atribuídos são próximos aos usados no modelo da UFF, com correções para evitar a inviabilidade dos PPLs.

### 5.3. Resultados

A aplicação do algoritmo detectou o TEM como o único departamento inicialmente eficiente, conforme a Tabela 2. Esta DMU recebe, portanto, a primeira vaga docente (uma unidade de *input*), do total de 15 a serem distribuídas aos departamentos do Centro Tecnológico (CTC).

Tabela 2: Resultados da 1ª rodada do modelo DEA CCR com restrições aos pesos.

DMU	Eficiência (%)
TEM	100,0
TEP	91,5
TUR	87,8
TDT	81,2
TCC	64,3
TMI	51,5
TAU	51,0
TEE	41,0
TMC	40,7
TEQ	32,1
TEC	31,5
TET	27,2

Os resultados da aplicação das fases seguintes do algoritmo seqüencial de alocação de recursos em DEA encontram-se resumidos na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados das fases seguintes do algoritmo seqüencial de alocação de recursos em DEA.

DMU	Eficiência (%) por rodada								
	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
TAU	52,5	54,0	55,5	55,9	57,4	57,9	59,8	61,6	62,2
TCC	67,0	69,0	69,6	71,3	71,9	73,5	75,7	77,9	79,5
TDT	84,6	87,7	89,7	90,8	92,8	93,9	97,0	100,0	92,7
TEC	32,8	34,1	35,4	35,4	36,7	36,7	38,0	39,3	39,3

TEE	42,7	44,4	45,4	46,1	46,8	47,8	49,5	50,9	51,2
TEM	100,0	100,0	98,8	100,0	98,2	100,0	100,0	99,7	100,0
TEP	95,3	99,2	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	99,4
TEQ	33,4	34,8	36,1	36,1	37,4	37,4	38,8	40,1	40,1
TET	28,3	29,5	30,6	30,6	31,7	31,7	32,9	34,0	34,0
TMC	42,4	44,1	45,8	45,8	47,5	47,5	49,2	50,9	50,9
TMI	53,6	55,8	57,9	57,9	60,1	60,1	62,2	64,4	64,4
TUR	90,8	93,7	96,6	97,2	100,0	93,9	97,1	100,0	94,6

A Tabela 4 compara a distribuição de vagas docentes proposta por três métodos: o algoritmo proposto neste artigo, o método de Hondt e a distribuição feita pela CPAVD. O método de Hondt foi aplicado considerando que o índice de eficiência correspondia a uma votação obtida e o número de vagas docentes representava a quantidade de eleitos.

A análise da Tabela 4 mostra que o método proposto é mais concentrador, visto que o critério adotado pela CPAVD limitava, por razões políticas, o número máximo de 3 vagas para cada departamento. Observa-se que o método de Hondt, adotado originalmente para eleições proporcionais quando há diferenças significativas na votação, não se aplicou bem a este caso, tendo em vista que os valores de eficiência são bastante próximos. Além disso, o método de Hondt, apesar de ser seqüencial, não atualiza a eficiência cada iteração, mantendo o caráter estático da abordagem da CPAVD.

Tabela 4: Distribuição das vagas docentes segundo três distintas abordagens.

DMU	Alocação de vagas docentes		
	Algoritmo seqüencial	Método de Hondt	CPAVD
TAU	0	1	0
TCC	0	2	2
TDT	1	2	1
TEC	0	0	1
TEE	1	1	0
TEM	6	3	3
TEP	5	2	3
TEQ	0	0	0
TET	0	0	1
TMC	0	1	1
TMI	0	1	1
TUR	2	2	2

## 6. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma abordagem alternativa para a alocação de recursos, que faz uso de modelos DEA aplicados e atualizados seqüencialmente.

Os resultados sugerem que é essencial haver critérios embasados tecnicamente para a distribuição de recursos no setor público. O método proposto evitou a distribuição política de vagas e beneficiou o departamento conhecido por trabalhar sem excesso de professores.

Os próximos desenvolvimentos devem contemplar a imposição de restrições sobre limites máximo e mínimo de recursos alocados, bem como a desagregação do índice de produtividade acadêmica. Há ainda a intenção de aplicar o método à distribuição de outros tipos de recursos, bem como aprofundar o estudo sobre os pesos usados e sobre o uso de outros tipos de métodos de restrições aos pesos em DEA.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R., Athanassopoulos, A., Dyson, R.G. & Thanassoulis, E. (1997). Weights restrictions and value judgements in data envelopment analysis: evolution, development and future directions. *Annals of Operations Research*, **73**, 13-34.
- Angulo Meza, L. & Lins, M.P.E. (2000). A Análise Envolvória de Dados através do uso do *Frontier Analyst*. *Pesquisa Operacional*, **19**, 287-293.
- Athanassopoulos, A.D. (1995). Goal programming & data envelopment analysis (GoDEA) for target-based multi-level planning: Allocating central grants to the Greek local authorities. *European Journal of Operational Research*, **87**, 535-550.
- Athanassopoulos, A.D. (1998). Decision Support for Target-Based Resource Allocation of Public Services in Multiunit and Multilevel Systems. *Management Science*, **44** (2), 173-187.
- Banker, R.D., Charnes, A. & Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, **30** (9), 1078-1092.
- Beasley, J.E. (2001). Allocating fixed costs and resources via data envelopment analysis. *Technical Report*, The Management School, Imperial College, London. Disponível em <<http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jeb/jeb.html>>.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Golany, B., Seiford, L. & Stutz, J. (1985). Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions. *Journal of Econometrics*, **30**, 91-107.
- Charnes, A., Cooper, W.W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, **2**, 429-444.
- Golany, B. & Tamir, E. (1995). Evaluating Efficiency-Effectiveness-Equality Trade-Offs: A Data Envelopment Analysis Approach. *Management Science*, **41** (7), 1172-1184.
- Golany, B., Phillips, F.Y. & Rousseau, J.J. (1993). Models for improved effectiveness based on DEA efficiency results. *IIE Transactions*, **25**, 2-10.
- Gomes, E.G. (2002). *Modelos de Análise de Envolvória de Dados com inputs ou outputs de soma constante*. Exame de Qualificação ao Doutorado, Programa de Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Dezembro.
- Korhonen, P. & Syrjänen, M. (2001). Resource allocation based on efficiency analysis. *Working Paper W-293*, Helsinki School of Economics and Business Administration, 25 p..
- Lins, M.P.E. & Angulo-Meza, L. (2000). *Análise Envolvória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão*. 53-64.
- Lins, M.P.E., Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B. & Soares de Mello, A.J.R. (2003). Olympic ranking based on a Zero Sum Gains DEA model. *European Journal of Operational Research*, **148** (2), 312-322.
- Shuster, K., Pukelsheim, F., Drton, M. & Draper, N.R. (2003). Seat biases of apportionment methods for proportional representation. *Electoral Studies* (a publicar).
- Thanassoulis, E. (1996). A data envelopment analysis approach to clustering operating units for resource allocation purposes. *Omega*, **24**, 463-476.
- Thanassoulis, E. (1998). Estimating efficient marginal resource levels using data envelopment analysis. *Journal of Cost Analysis*, 29-52.
- UFF (2001a). *Alocação de Vagas Docentes*. Resolução N<sup>o</sup> 38/2001, Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- UFF (2001b). *Relatório Final da Comissão Provisória de Alocação de Vagas Docentes*. Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- Wei, Q.L., Zhang, J. & Zhang, X. (2000). An inverse DEA model for input/output estimate. *European Journal of Operational Research*, **121** (1), 151-163.
- Yan, H., Wei, Q. & Hao, G. (2002). DEA models for resource reallocation and production input/output estimation. *European Journal of Operational Research*, **136**, 19-31.

