



SPOLM 2008

ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 05 e 06 de agosto de 2008.

ANÁLISE DOS ESTADOS BRASILEIROS MAIS EFICIENTES EM RELAÇÃO A INVESTIMENTOS EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA USANDO MODELOS DEA E ANÁLISE MULTIVARIADA

Bianca Mattos de Carvalho

Dep. de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, 22210-240, Niterói, RJ
bianca.ence@gmail.com

Annibal Parracho Sant'Anna

Dep. de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, 22210-240, Niterói, RJ
tppaps@vm.uff.br

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello

Dep. de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, 22210-240, Niterói, RJ
jcsmello@pesquisador.cnpq.br

RESUMO

Neste artigo utilizamos os métodos de análise multivariada e DEA para analisar a eficiência dos Estados brasileiros com relação a investimentos em ciência e tecnologia e agrupá-los. Usaram-se algumas variáveis do banco de dados do Ministério da Ciência e Tecnologia, do ano de 2003 e 2004, sendo esses os dados mais recentes divulgados pelo ministério para todas as variáveis por eles levantadas.

Palavras chaves: DEA; Análise multivariada; Inovação Tecnológica

Abstract

In this paper we use the methods of multivariate analysis and DEA to analyze the efficiency of Brazilian states with respect to investments in science and technology and sort them. They used a few variables from the database of the Ministry of Science and Technology, in the year 2003 and 2004, these being the latest data released by the ministry, these being the latest data released by the ministry for all variables they raised.

Key-word: DEA; multivariate analysis; technological innovation.

1. Introdução

Atualmente, o mundo inteiro está voltado a criar novas tecnologias, em grande parte devido à necessidade de incentivar a competitividade das empresas.

Os governos têm um papel fundamental para essas empresas que é o de auxiliar e promover um ambiente propício para o desenvolvimento de novas tecnologias. Esse apoio pode vir de forma financeira, apoiando o desenvolvimento de estudos dentro de universidades ou com a implantação de entidades que procurem incentivar e desenvolver essas empresas.

Uma Modelo que defende essa interligação entre empresas, instituições de ensino e governo é conhecido mundialmente como "*Triple Helix*". Uma das principais idéias desse modelo é que o conceito de sistema de inovação parte tanto de firmas como de agências institucionais como universidades, indústrias e agentes governamentais. Por este modelo, as redes de ligação entre as três esferas institucionais promovem entradas e sustentabilidade para base científica do processo de inovação (Leydesdorff; 2001).

No Brasil, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), criado em 1985, é o órgão governamental responsável pela formulação e implementação da Política Nacional de Ciência e Tecnologia. A criação desse órgão mostra a importância desse segmento no país.

O ministério tem como missão propagar informações desse segmento, como por exemplo, as agências e organismos de financiamento, sendo eles: PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; BIRD - Banco Mundial; BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento ; PNUMA - Programa da Nações Unidas para o Meio Ambiente; USAID - Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional; entre outros.

Outras agências, como a ANPEI - Associação Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia das Empresas Inovadoras, criada um ano antes do Ministério, tem como principal missão estimular a competitividade do País, por meio da promoção da inovação tecnológica nas empresas brasileiras.

Para tanto, a Associação atua junto a órgãos governamentais e aos poderes Executivo e Legislativo, em todos os níveis da Federação, visando a implantação de condições efetivas para o desenvolvimento tecnológico nacional e, conseqüentemente, para o aumento da competitividade dos produtos brasileiros no mercado internacional.

Devido ao crescimento desse segmento no país e no mundo, o MCT vem desenvolvendo de uma ampla base de informações quantitativas sobre as atividades de ciência e tecnologia (C&T) no país. Os esforços para identificar e produzir indicadores de ciência e tecnologia se justificam devido a concorrência crescente entre empresas, regiões e países, além do ritmo acelerado da mudança tecnológica, os elevados requerimentos para a pesquisa e a percepção generalizada de que o conhecimento tornou-se essencial para a geração de riqueza e a promoção do bem-estar social.

Os indicadores selecionados foram aqueles que trariam comparabilidade com outros países, que possuíam esses valores já levantados, dando assim uma idéia da situação do Brasil quando comparado a esse conjunto de países.

Os indicadores selecionados pelo MCT foram aqueles tradicionalmente denominados de "insumos" - particularmente os que mensuram os dispêndios nacionais em pesquisa e desenvolvimento - P&D, em atividades científicas e técnicas correlatas - ACTC e os recursos humanos dedicados a tais atividades, assim como alguns indicadores de "resultados", informações sobre a produção científica, a atividade de patenteamento e o balanço tecnológico.

O banco de dados atual tem informações até o ano de 2006, no âmbito nacional e, até o ano de 2004, para algumas variáveis, quando analisamos por Estados brasileiros, foco principal

deste trabalho. Em alguns casos utilizamos dados do ano de 2003 pois a variável não possuía informações para o ano de 2004.

Com base nos dados obtidos por Estados analisaremos a eficiência dos investimentos utilizando DEA e agruparemos com base em nos conceitos da análise multivariada.

2. Método

2.1 Escolha das variáveis

Dentre os indicadores relacionados pelo MCT, escolheu-se pelo menos uma variável dentre de cada categoria. As variáveis escolhidas e suas justificativas seguem a seguir:

- a) Recursos dos Governos Estaduais aplicados em Ciência e Tecnologia (C&T): o investimento do governo estadual com tecnologia é um dos fatores determinantes para o desenvolvimento da região. A ANPEI, em um estudo do setor tecnológico em 2006 afirma que somente disponibilizando recursos subvencionados e de baixo custo para a capacitação tecnológica interna das empresas conseguiremos o aumento da competitividade delas no mercado mundial;
- b) Grupos de pesquisa, pesquisadores e doutores: corresponde ao fator humano relacionado às atividades tecnológicas;
- c) Artigos completos publicados em periódicos especializados de Circulação nacional: um dos produtos gerados pelo desenvolvimento tecnológico, as publicações são uma ferramenta de divulgação desses novos conhecimentos;
- d) Artigos completos publicados em periódicos especializados de Circulação internacional: a publicação neste tipo de periódico atribui um nível de divulgação e reconhecimento internacional as informações e trabalhos desenvolvidos no país;
- e) Trabalhos completos publicados em anais de eventos: outro produto gerado pela geração de novos conhecimentos;
- f) Patentes concedidas pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI): esta variável abrange os centros de estudos que desenvolvem novas tecnologias.

2.1 Modelos DEA

Segundo Soares de Mello (2005) a Análise Envoltória de Dados (do inglês Data Envelopment Analysis – DEA) é uma ferramenta matemática para a medida de eficiência de unidades produtivas. Utiliza-se esse tipo de ferramenta para analisar processos em que se utilizam vários recursos para gerar algum tipo de produtos (ou produtos).

Os principais modelos DEA utilizados são:

- a) **Modelo CCR**: foi apresentado originalmente por Charnes et al. (1978). Constrói uma superfície linear por partes, não paramétrica, envolvendo os dados. Trabalha com retornos constantes de escala, isto é, qualquer variação nas entradas (*inputs*) produz variação proporcional nas saídas (*outputs*). Esse modelo é igualmente conhecido como CRS – *Constant Returns to Scale*. Este pode ser orientado a *input* ou a *output*.

As figuras 1 e 2 mostram cada um dos modelos citados acima.

Figura 1: Modelo CCR orientado a *inputs*

$$\begin{aligned} \text{Max } Eff_o &= \sum_{j=1}^r u_j y_{jo} \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{i=1}^r v_i x_{io} &= 1 \\ \sum_{j=1}^r u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} &\leq 0, \forall k \\ v_i, u_j &\geq 0, \forall i, j \end{aligned}$$

Figura 2: Modelo CCR orientado a *outputs*

$$\begin{aligned} \text{Min } h_o &= \sum_{i=1}^r v_i x_{io} \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{j=1}^r u_j y_{jo} &= 1 \\ \sum_{j=1}^r u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} &\leq 0, \forall k \\ u_j, v_i &\geq 0, \forall j, i \end{aligned}$$

ados que somente neste todos de resolução por Programação Linear.

- b) **Modelo BCC:** é atribuído a Banker et al. (1984). Considera retornos variáveis de escala, isto é, substitui o axioma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* pelo axioma da convexidade. Por isso, também é conhecido como VRS – *Variable Returns to Scale*.

Ao tornar a fronteira convexa, o modelo BCC permite que DMUs que operam com baixos valores de *inputs* tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala.

Matematicamente, a convexidade da fronteira equivale a uma restrição adicional ao Modelo do Envelope.

As figura 3 e 4 mostram esse tipo de modelo orientado a *inputs*, e orientado a *outputs*.

Figura 3: Modelo BCC orientado a *inputs*

$$\begin{aligned} \text{Max } Eff_o &= \sum_{j=1}^r u_j y_{jo} + u_s \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{i=1}^r v_i x_{io} &= 1 \\ -\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^r u_j y_{jk} + u_s &\leq 0, \forall k \\ v_i, u_j &\geq 0, u_s \in \mathfrak{R} \end{aligned}$$

Figura 4: Modelo BCC orientado a *outputs*

$$\begin{aligned} \text{Min } Eff_o &= \sum_{i=1}^r v_i x_{io} + v_s \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{j=1}^r u_j y_{jo} &= 1 \\ -\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^r u_j y_{jk} - v_s &\leq 0, \forall k \\ v_i, u_j &\geq 0, u_s \in \mathfrak{R} \end{aligned}$$

Ambos os modelos foram apresentados em sua forma linealizada, uma vez que somente neste formato seria possível desenvolver métodos de resolução por Programação Linear.

2.2 Análise de Cluster: método k-means

Análise de Clusters é o processo de agrupar um conjunto de objetos em classes de objetos similares, ou seja, um cluster é um conjunto de objetos que são similares um aos outros (de acordo com algum critério de similaridade pré-fixado).

Este método nos dará uma visão mais geral de quais estados são mais parecidos no volume de investimentos, no número de pessoas envolvidas na produção científica e na aplicação desses recursos financeiros e humanos.

Como todas as variáveis observadas são quantitativas, utilizaremos o método K-means de grupamento de dados. O objetivo deste método é que aja uma variabilidade pequena dentro do grupo e uma variabilidade grande entre os grupos.

Este método é composto por 3 passos:

- escolhe-se arbitrariamente k objetos $\{p_1; \dots; p_k\}$ do banco de dados. Estes objetos serão os centros de k clusters, cada cluster C_i formado somente pelo objeto p_i ;
- os outros objetos do banco de dados são colocados nos clusters da seguinte maneira: para cada objeto O diferente de cada um dos p_i 's, considera-se a distância entre O e cada um dos p_i 's. Considera-se aquele p_i para o qual esta distância é mínima. O objeto O passa a integrar o cluster representado por p_i .
- repete-se o passo 2 até que não haja mais alteração nos cluster's.

Após este processo, calcula-se a média dos elementos de cada cluster, isto é, o seu centro de gravidade. Este ponto será o novo representante do cluster. Várias funções são utilizadas para medir a distância. Algumas delas são: distância Euclidiana, distância de Manhattan, distância de Minkowski. Neste caso utilizamos a distância Euclidiana para os cálculos abaixo.

2.4 Resultados

A Tabela 1 mostra os dados iniciais obtidos no *site* do Ministério da Ciência e Tecnologia.

Tabela 1: Dados obtidos para no site do Ministério da Ciência e Tecnologia

Unidades da Federação	VAR 1	VAR 2	VAR 3*	VAR 4*	VAR 5*	VAR 6
Acre	7.277	233	263	45	205	1
Amapá	2.774	77	67	17	60	30
Amazonas	23.482	2.351	2.370	1.536	2.651	0
Pará	3.975	2.416	2.958	1.744	4.265	2
Rondônia	1.659	270	355	70	147	2
Roraima	98	300	384	121	306	0
Tocantins	1.084	688	837	248	883	2
Alagoas	10.492	975	845	556	1.756	1
Bahia	148.399	5.996	8.929	3.443	9.959	14
Ceará	49.174	3.602	5.622	3.225	6.917	89
Maranhão	6.682	908	1.228	908	1.218	0
Paraíba	9.043	2.919	4.427	2.024	9.859	0
Pernambuco	49.941	5.144	7.794	4.102	12.153	28
Piauí	2.469	794	1.094	359	1.194	0
Rio Grande do Norte	9.888	2.161	2.453	1.529	6.436	5
Sergipe	8.476	903	999	479	1.664	7
Espírito Santo	7.486	1.388	1.529	848	2.810	16
Minas Gerais	106.673	13.860	29.090	11.397	34.803	281
Rio de Janeiro	179.932	20.920	29.901	22.968	45.217	185
São Paulo	1.003.852	45.436	83.567	55.756	97.582	1.997
Paraná	254.848	11.897	19.643	7.498	25.373	435
Rio Grande do Sul	70.638	15.376	28.373	13.025	41.429	620
Santa Catarina	35.795	7.875	9.964	4.677	20.431	266
Distrito Federal	11.648	4.719	6.794	4.239	8.459	18
Goiás	8.751	2.896	5.038	1.928	5.157	19
Mato Grosso	28.367	1.410	1.481	472	1.386	0
Mato Grosso do Sul	7.900	2.047	3.195	1.306	3.178	1

Fonte: Balanços Gerais dos Estados e levantamentos realizados pelas Secretarias Estaduais de Ciência e Tecnologia ou instituições afins.

* Dados do ano de 2003 por falta de informações para o ano de 2004.

As variáveis acima são:

VAR 1 - Recursos dos Governos Estaduais aplicados em Ciência e Tecnologia (C&T) em R\$ 1.000;

VAR 2 - Nº de Grupos de pesquisa, pesquisadores e doutores;

VAR 3 - Nº de Artigos completos publicados em periódicos especializados de Circulação nacional;

VAR 4 - Nº Artigos completos publicados em periódicos especializados de Circulação internacional;

VAR 5 - Nº de trabalhos completos publicados em anais de eventos;

VAR 6 - Nº de patentes concedidas pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

O primeiro método utilizado foi o DEA – BCC, pois não há uma proporcionalidade entre as variações das variáveis. Este modelo foi orientado a output, uma vez que se deseja conseguir aumentar os output's com o mesmo volume de input's.

As variáveis “VAR 1” que representa os recursos estaduais e “VAR 2” que representam o número de Grupos de pesquisa, pesquisadores e doutores, foram utilizadas como input e as demais foram consideradas como output's. Desejamos aumentar o retorno de artigos, tanto em canais nacionais como internacionais, trabalhos em eventos e patentes registradas com o mesmo volume de recurso e de pessoal.

A princípio o modelo foi aplicada sem nenhuma restrição aos pesos das variáveis porém após a análise inicial viu-se a necessidade de alteração deste modelo, incluindo-se a impossibilidade de obter-se pesos iguais a zeros em todas as variáveis. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados obtidos para o Modelo BCC orientado a output, com e sem restrições aos pesos

DMU	SEM RESTRIÇÕES AOS PESOS				COM RESTRIÇÕES AOS PESOS			
	Padrão	Invertida	Composta	Composta*	Padrão	Invertida	Composta	Composta*
MT	0,52	1,00	0,26	0,43	0,00	1,00	0,00	0,00
AM	0,63	1,00	0,32	0,52	0,00	1,00	0,00	0,00
AL	0,66	1,00	0,33	0,55	0,49	1,00	0,24	0,40
AC	0,66	1,00	0,33	0,55	0,54	1,00	0,27	0,45
SE	0,67	0,86	0,40	0,67	0,65	0,86	0,39	0,65
BA	0,75	1,00	0,38	0,62	0,70	1,00	0,35	0,58
ES	0,76	0,88	0,44	0,72	0,75	0,88	0,44	0,72
PI	0,83	1,00	0,42	0,69	0,00	1,00	0,00	0,00
CE	0,87	0,80	0,53	0,88	0,86	0,80	0,53	0,88
PE	0,87	0,92	0,48	0,79	0,84	0,92	0,46	0,76
MS	0,88	0,81	0,53	0,88	0,57	0,81	0,38	0,62
TO	0,88	0,87	0,51	0,83	0,88	0,87	0,50	0,83
PR	0,89	1,00	0,44	0,73	0,88	1,00	0,44	0,73
RO	0,93	1,00	0,46	0,76	0,86	1,00	0,43	0,71
SC	0,94	1,00	0,47	0,77	0,93	1,00	0,46	0,77
RN	0,94	0,89	0,53	0,87	0,89	0,89	0,50	0,83
AP	1,00	1,00	0,50	0,83	1,00	1,00	0,50	0,83
PA	1,00	0,87	0,57	0,93	1,00	0,87	0,57	0,93
RR	1,00	1,00	0,50	0,83	1,00	1,00	0,50	0,83
MA	1,00	1,00	0,50	0,83	0,00	1,00	0,00	0,00
PB	1,00	1,00	0,50	0,83	0,00	1,00	0,00	0,00

MG	1,00	1,00	0,50	0,83	1,00	1,00	0,50	0,83
RJ	1,00	1,00	0,50	0,83	1,00	1,00	0,50	0,83
SP	1,00	1,00	0,50	0,83	1,00	1,00	0,50	0,83
RS	1,00	0,96	0,52	0,86	1,00	0,96	0,52	0,86
DF	1,00	0,94	0,53	0,88	1,00	0,94	0,53	0,88
GO	1,00	0,79	0,61	1,00	1,00	0,79	0,61	1,00

Se não incluíssemos a restrição ao modelo, teríamos 11 estados eficientes. O peso igual a zero, segundo Soares de Melo (2005) equivale a descartar a variável para o cálculo da eficiência de determinada DMU. Usamos as restrições em todas as input's e output's para que cada variável tivesse importância entre 99% e 1%. Isso resultou na saída de 2 Estados da fronteira de eficiência. Deve-se observar que em na maior parte casos os pesos representavam um fator determinante para inclusão do Estado na fronteira de eficiência e a restrição fez com que se tornasse quase que ineficientes por completo.

Em alguns casos sabemos que a inclusão dos Estados se deu por se enquadrarem dentro dos casos especiais da Metodologia de DEA pois em qualquer modelo, a DMU que apresentar a melhor relação (output j) / (input i) será sempre eficiente e no modelo BCC, a DMU que tiver o menor valor de um determinado input ou o menor valor de um certo output será eficiente. A esta DMU chamamos de eficiente por default ou eficiente à partida (Soares de Melo, 2005).

Isso ocorreu com os Estados de Minas Gerais e São Paulo no que se refere à melhor relação (output_j) / (input_i) e com o Estado do Maranhão quando analisamos os menores inputs e a outputs. Os Estados de Amapá, Roraima e Paraíba se enquadraram nos dois casos.

Assim, somente os Estados de Pará, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Distrito Federal e Goiás foram considerados como eficientes sem nenhum caso especial.

Como a análise de DEA mostra o conjunto de Estados considerados eficientes no que se refere a distribuição dos recursos financeiros e humanos mas não leva em consideração as características de cada Estado utilizou-se um método para agrupar os Estados em conjuntos comuns para que pudéssemos observar se todos os Estados eficientes se encontravam no mesmo patamar.

Na análise de cluster, conseguimos verificar que embora os Estados tenham sido considerados eficientes na distribuição de seus recursos, essa distribuição não está igual para todos os Estados.

A Tabela 3 mostra os grupos obtidos durante a análise de cluster.

Tabela 3: Resultados obtidos com as análise de Cluster, método K-means

Unidades da Federação
São Paulo
Acre
Amapá
Amazonas
Pará
Rondônia
Roraima
Tocantins
Alagoas
Bahia
Ceará
Maranhão
Paraíba

Pernambuco
Piauí
Rio Grande do Norte
Sergipe
Espírito Santo
Distrito Federal
Goiás
Mato Grosso
Mato Grosso do Sul
Rio de Janeiro

Tabela 3: Resultados obtidos com a análise de Cluster, método K-means (*cont.*)

Unidades da Federação	Cluster
Minas Gerais	4
Paraná	4
Rio Grande do Sul	4
Santa Catarina	4

Como podemos ver na Tabela 3, São Paulo e Rio de Janeiro se destacam por não terem semelhança com os demais. Os outros Estados estão divididos em 2 grupos: um pequeno composto por apenas Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina e o outro com 21 Estados.

Deve-se ressaltar que este método não ordena os Estados e sim mostra com quais outros eles são semelhantes levando-se em consideração as variáveis adotadas.

Os Estados em negrito representam os que foram considerados como eficientes no DEA. Podemos ver que aqueles que estão sozinhos dentro do Cluster, São Paulo e Rio de Janeiro, foram considerados eficientes na análise anterior. Os demais estão distribuídos pelos demais clusters, ou seja, temos 5 Estados eficientes dentro do cluster com 21 indivíduos (o que representa 24%), e dois Estados eficientes dentro do cluster com 4 indivíduos (o que representa 50%).

2.5 Conclusões

Os métodos acima representam duas formas distintas de análise e que como observamos se mostram eficazes quando utilizadas de forma simultânea.

Para os Estados não eficientes uma alternativa é verificar em quais pontos esses Estados, dentro do cluster formado, se destacam. O Estado do Paraná, por exemplo, investiu 260% a mais que o Rio Grande do Sul porém foi superado em todos os itens.

Já Santa Catarina investiu 49% a menos e obteve resultados inferiores em todas as variáveis.

Para os Estados que pertencem ao maior cluster deve-se tomar cuidado quando analisamos pois em alguns casos, embora o Estado tenha sido considerado eficiente este possui valores muito maiores do que os estados que foram classificados como eficientes.

Um exemplo desse fato ocorreu com os Estados de Alagoas e Amapá, pois esse último foi considerado eficiente na análise de DEA mas foi superado em quase todas as variáveis pelo Estado do Alagoas.

Neste caso, o Estado de Alagoas deve fazer “*benchmarking*” apenas com o Estado do Distrito Federal que supera Alagoas em todas as variáveis e foi considerado eficiente na análise de DEA.

Assim recomenda-se que as análises sejam feitas de forma cautelosa para não compararmos Estados que possuem um alto investimento, seja financeiro ou humano, e compará-lo com os estados com investimento inferior, mesmo que esses sejam considerados eficientes pelo DEA.

3. Bibliografia

1. **ALBUQUERQUE, E. M.**, The National System of Innovation in Historical Perspective, Cambridge Journal of Economics, 19, p. 5-24. In: Revista Brasileira de Inovação, volume 3, número 1, jan. a jun. de 2004.
2. **ANGULO MEZA, Lidia, BIONDI NETO, Luiz, SOARES DE MELLO, João Carlos C. B., GOMES, Eliane Gonçalves, COELHO, Pedro Henrique Gouvêa**, SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão: Uma Implementação Computacional de Modelos de Análise Envoltória de Dados. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção, v. 3, n. 20. Niterói: Universidade Federal Fluminense - Mestrado em Engenharia de Produção, 2003.
http://www.producao.uff.br/rpep/relpesq303/relpesq_303_20.doc
3. **ANGULO MEZA, Lidia, BIONDI NETO, Luiz, RIBEIRO, Paulo Guilherme**, SIAD v.2.0. Sistema Integrado de Apoio à Decisão: Uma Implementação computacional de modelo de Análise Envoltória de Dados e um método Multicritério. Anais do XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, 2005.
4. **CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E.** Measuring the efficiency of decision-making units. European Journal of Operational Research, v. 2, p. 429-444, 1978.
5. **COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL**, Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e da comunicação no Brasil, 2005
6. **COOKE, P.**, Regional innovation systems: an evolutionary approach. In: BARACZYK, H.; COOKE, P.; HEIDENREICH, R. Regional Innovation Systems. London: London University Press, 1996.
7. **ESTUDO ANPEI**, 2006
8. **HARRY H HARMAN**, Modern Factor Analyses;
9. **JAMBU, M. AND LEMEUX, M-O**; Cluster Analyses and Data Analyses;
10. **SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING AND INNOVATION FOR DEVELOPMENT**, A Vision for the Americas in the Twenty First Century, 2004
11. **SOARES DE MELLO; SBPO**, Curso de Análise de Envoltória de Dados, 2005

