

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS NA AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DE MUNICÍPIOS: O CASO DO ESTADO DO CEARÁ

Bruno de Athayde Prata

Universidade Federal do Ceará – Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional.
Campus do Pici - Bloco 703 - Altos - CEP 60455-760. Fortaleza – CE – Brasil
e-mail : bprata@det.ufc.br

João Bosco Furtado Arruda

Universidade Federal do Ceará – Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional.
Campus do Pici - Bloco 703 - Altos - CEP 60455-760. Fortaleza – CE – Brasil
e-mail : barruda@glen.ufc.br

RESUMO

A Análise de Envoltória de Dados é uma técnica matemática utilizada para a medida de eficiência de unidades produtivas. Dentro de um conjunto de empresas, é possível determinar quais delas operam em regime de eficiência, constituindo referenciais de benchmarking no setor. O objetivo do presente trabalho é apresentar a Análise Envoltória de Dados enquanto método de apoio à decisão no setor público, reportando uma aplicação no Estado do Ceará. Foram levantados dados acerca dos 184 municípios cearenses, de modo a compor indicadores de desenvolvimento econômico. Um modelo de programação linear foi rodado para cada município, permitindo avaliar a eficiência de cada cidade em relação às demais. Como conclusão do estudo, pode-se destacar que a metodologia empregada propiciou uma visão geral da eficiência dos municípios do Estado do Ceará no que se refere ao desenvolvimento econômico, subsidiando o processo de tomada de decisão no estabelecimento de políticas públicas com vistas ao equilíbrio macroeconômico do Estado.

PALAVRAS-CHAVE: Análise Envoltória de Dados, Tomada de Decisão, Desenvolvimento Econômico. DEA.

ABSTRACT

Data Envelopment Analysis (DEA) is a mathematical technique usually applied for measure the efficiency of productive units. Analyzing a group of enterprises, one can determine which of them operate efficiently, representing a kind of “benchmark” in any sector. This paper aims to presents DEA as a decision making supporting tool in the public sector, reporting an application in Ceará State, in the Northeastern of Brazil. Data were collected about the 184 municipalities, aiming to compose indicators of economic development. A linear programming model was run for each city, propitiating to assess the efficiency of each municipality to the others. As conclusion it was sending clean that DEA technique may produce general figures on efficiency of the municipalities, subsiding the decision making process to support the regional economic development.

KEYWORDS: Data Envelopment Analysis, Decision Making, Economic Development. DEA.

1. Introdução

O ambiente competitivo da economia globalizada torna consistente o uso de metodologias bem fundamentadas que auxiliem os gestores a administrarem órgãos públicos ou empresas privadas, com vistas a minimizar o custo de oportunidade advindo de decisões tomadas a esmo. Dentro de tal conjuntura, o emprego de métodos de apoio à decisão é fundamental para a garantia a boa gestão de sistemas complexos.

Um dos problemas mais freqüentes na gestão de empresas ou de empreendimentos é a comparação do desempenho de uma dada Unidade Tomadora de Decisão (UTD) com as outras unidades do mesmo campo de atuação. Um dos meios pelos quais tal avaliação se torna possível é a análise da eficiência de cada UTD, quando comparada com suas concorrentes.

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) é uma técnica advinda da Pesquisa Operacional que, por intermédio de modelos de programação matemática, consegue avaliar se um conjunto de UTD's consegue trabalhar em regime de eficiência ou ineficiência, através da comparação dos insumos e produtos dos seus processos.

Este trabalho destina-se a apresentar o DEA enquanto técnica de apoio á tomada de decisão no setor governamental. O artigo reporta uma aplicação do método supracitado na avaliação do desempenho de cada município do Estado do Ceará, no que se refere ao desenvolvimento de suas economias.

Este texto divide-se em cinco seções descritas a seguir. Após esta primeira seção, são apresentados conceitos básicos sobre produtividade e análise de eficiência. Na terceira seção, é apresentado o método da Análise Envoltória de Dados. Na quarta seção, é apresentado o estudo de caso. Por fim, na quinta seção, são apresentadas as considerações finais do estudo.

2. Produtividade, eficácia e eficiência

Antes de definir o modelo DEA, é necessário introduzir os seguintes conceitos básicos: função de produção, produtividade, eficácia e eficiência econômica.

Segundo Coelli *et al.* (1999), uma função de produção é uma função matemática que descreve a relação técnica entre os insumos e produtos de um processo de produção. Na Figura 1 são ilustradas duas funções de produção, as quais descrevem um processo com um insumo e um produto. Note que a empresa A, com um nível menor de insumos, obteve o mesmo nível de produção de B, que empregou mais insumos que A.

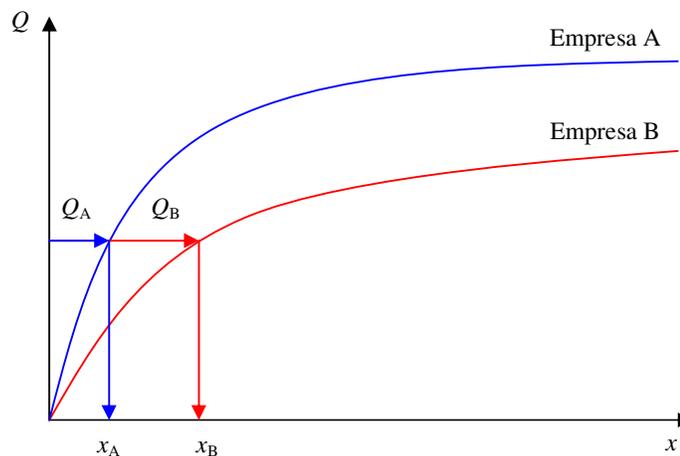


Figura 1 – Função de produção: um insumo.
Fonte: Novaes, 1998.

Conforme Mello *et al.* (2005), eficácia é a capacidade de uma unidade produtiva atingir a produção que tinha como meta, sendo que tal meta tanto pode ter sido estabelecida tanto pela própria unidade quanto externamente. O conceito de eficácia é subjetivo: para um analista, um

dado processo pode ser considerado eficaz, enquanto que, para outro avaliador, o mesmo processo pode ser considerado ineficaz.

O conceito de eficácia está relacionado aos objetivos do sistema produtivo: se um determinado sistema atinge seus objetivos, ele pode vir a ser considerado eficaz. Duas observações podem ser salientadas sobre a eficácia: (i) trata-se de um conceito relacionado à qualidade; e (ii) um sistema produtivo pode ser considerado eficaz ou ineficaz sem a necessidade de ser comparado com outros sistemas.

Os termos produtividade e eficiência, usualmente, são empregados como sinônimos. Tal prática é errônea, pois se tratam de conceitos distintos, conforme será explicitado a seguir.

A produtividade de um processo é a razão entre os o total de bens produzidos pela quantidade de insumos requeridos para sua produção (COELLI *et al.*, 1999).

O conceito de eficiência econômica é extremamente relevante para a avaliação de desempenho de empresas e empreendimentos. A eficiência de uma empresa pode ser medida através da razão entre o que ela produz e os recursos utilizados para esta produção, levando-se em consideração o custo de oportunidade inerente ao processo de produção.

Esta difere da produtividade por se tratar de um conceito relativo: compara o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos (MELLO *et al.*, 2005). Com base nessa premissa, analisando a Figura 1, é possível perceber que a empresa *A* é mais eficiente do que a empresa *B*.

Na Figura 2, o eixo *X* representa os Recursos; *Y* representa a Produção; a curva *S*, chamada Fronteira de Eficiência, indica o máximo que foi produzido para cada nível de recurso. A região abaixo da curva é chamada de Conjunto Viável de Produção.

Analisando a Figura 2, percebe-se que as empresas *C* e *B* são eficientes, pois operam na curva *S*, e, por motivo análogo, a empresa *A* opera ineficientemente. No que tange a produtividade, *C* é mais produtiva do que *B* e *B* é mais produtiva do que *A* (vide Figura 2.b). A empresa *A*, além de ineficiente é não produtiva.

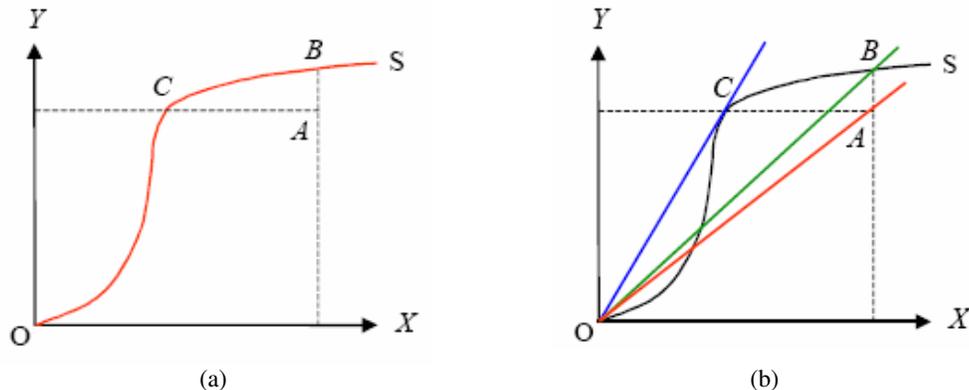


Figura 2 – Produtividade versus eficiência.
Fonte: Mello *et al.* (2005).

3. Análise Envoltória De Dados

A Análise Envoltória de Dados foi concebida por Charnes, Cooper e Rhodes (CHARNES *et al.*, 1978) em estudos que objetivavam avaliar a eficiência de instituições de ensino. Na atual conjuntura, DEA é aplicada nos mais diversos ramos de atuação, conforme explicitado a seguir:

- Transportes: metrô (NOVAES, 1998) e portos (CULLINANE *et al.* 2004);
- Sistema Único de Saúde – SUS (HOLANDA *et al.* 2004);
- Operadores logísticos (NANCI *et al.* 2005);
- Serviços essenciais (água, energia, telecomunicações);
- Educação;

- Bancos e serviços financeiros;
- Indústrias e prestadores de serviço, em geral.

No campo da aplicação de DEA na avaliação da eficiência de municípios ou regiões geográficas, abordagem praticada pelo presente trabalho, podem ser destacadas as seguintes referências:

- Charnes *et al.* (1989) estudam o uso de DEA na avaliação e no planejamento do desempenho econômico de 28 municípios chineses;
- Bosetti *et al.* (2004) realizam uma análise de comparação de eficiência de municípios italianos, localizados em áreas costeiras, de modo a avaliar o desempenho da gestão do turismo sustentável na região em foco;
- Cooper *et al.* (2005) reportam um estudo que objetiva avaliar a eficiência de municípios japoneses com vistas a instalar agências governamentais fora de Tóquio.

Assumindo que existam n UTD's, cada qual com m insumos e s produtos, a eficiência relativa de uma UTD p é obtida através da resolução do seguinte problema de programação fracional (TALLURI, 2000):

$$\max \frac{\sum_{k=1}^s v_k y_{kp}}{\sum_{j=1}^m u_j x_{jp}} \quad (1)$$

Sujeito à:

$$\frac{\sum_{k=1}^s v_k y_{ki}}{\sum_{j=1}^m u_j x_{ji}} \leq 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$v_k, u_j \geq 0 \quad \forall k, j. \quad (3)$$

em que:

$$k = 1, 2, \dots, s,$$

$$j = 1, 2, \dots, m,$$

$$i = 1, 2, \dots, n,$$

y_{ki} = quantidade do produto k produzido pela UTD i ,

x_{ji} = quantidade do insumo j utilizado pela UTD i ,

v_i = peso dado para o produto k ,

u_j = peso dado para o insumo j .

O problema de programação fracional apresentado em (1) apresenta um grande inconveniente: a divisão entre variáveis de decisão em um modelo de otimização implica em um problema de natureza não-linear. Pode-se resolver este problema através de uma adaptação do método simplex à programação fracional ou empregar programação não-linear.

É mais conveniente, no entanto, transformar o modelo apresentado em (1) em um problema de programação linear, pois o método simplex, além de ser extremamente difundido, garante que, caso haja uma solução ótima para um problema, esta será obtida. A linearização do modelo supracitado é apresentada a seguir (TALLURI, 2000):

$$\max \sum_{k=1}^s v_k y_{kp} \quad (4)$$

Sujeito à:

$$\sum_{j=1}^m u_j x_{jp} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^s v_k y_{ki} - \sum_{j=1}^m u_j x_{ji} \leq 0 \quad \forall i \quad (6)$$

$$v_k, u_j \geq 0 \quad \forall k, j. \quad (7)$$

O modelo acima é denominado CCR, devido a seus idealizadores (Charnes, Cooper e Rhodes) e deve ser rodado n vezes para identificar a eficiência relativa de todas as UTD's, arbitrando os pesos dados aos insumos e produtos da função objetivo, cujo valor varia entre zero e um. Os pesos dados às variáveis supracitadas são aqueles que maximizam a função objetivo. Esta é uma grande vantagem do modelo DEA: não é necessário atribuir pesos relativos às variáveis da função objetivo, estas são automaticamente calibradas pelo modelo.

Usualmente, uma UTD é considerada eficiente se obtiverem um valor igual a um na avaliação e, caso contrário, a empresa é considerada ineficiente. Caso uma UTD não obtenha valor unitário na avaliação matemática do modelo DEA, isso significa que ela está utilizando seus insumos de um modo que o nível de produtos fica aquém ao que se poderia obter caso os insumos fossem utilizados eficientemente. Cabe, então, à empresa refazer ou coordenar seus níveis de insumos e produtos de modo a atingir a eficiência.

Pode-se perceber que existem inúmeras maneiras de uma empresa combinar seus insumos e produtos de modo a obter eficiência unitária. Não existe um modelo único de eficiência, ou seja, duas empresas concorrentes podem ser eficientes mesmo produzindo os mesmos produtos com uma combinação distinta de insumos e produtos.

4. Estudo de caso

O estudo de caso consta de uma análise da eficiência dos municípios do Estado do Ceará, no que tange ao desenvolvimento de suas economias. Para tanto, foi aplicado um modelo de Análise Envoltória de Dados voltado para insumos, conforme é explicitado a seguir.

IPECE (2006) determina o Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) dos 184 municípios do Estado do Ceará, por meio de Análise Fatorial, com base em quatro grupos de indicadores: (i) fisiográficos, (ii) demográficos e econômicos, (iii) de infra-estruturas de apoio; e (iv) sociais. O índice é obtido através de uma média ponderada dos grupos de indicadores.

Com o objetivo de estudar o nível de desenvolvimento econômico dos municípios cearenses, utilizou-se o Grupo 2, Indicadores Demográficos e Econômicos, composto pelas seguintes variáveis: densidade demográfica, taxa de urbanização, PIB *per capita*, percentual do PIB do setor industrial sobre o PIB total do município, percentual do consumo de energia industrial e comercial sobre o consumo total, receita orçamentária *per capita* e percentual de trabalhadores do emprego formal recebendo mais de dois salários mínimos mensais.

Admitiu-se que as variáveis do Grupo 2 conseguem refletir os insumos e produtos da economia de cada município cearense, e que a eficiência representa o desenvolvimento econômico. Municípios pouco eficientes apresentam baixo nível de desenvolvimento econômico, enquanto municípios eficientes podem ser considerados desenvolvidos. Para o emprego do modelo DEA, deve-se dividir o grupo de indicadores em insumos e produtos, conforme descrito a seguir.

Insumos:

- u_1 : Densidade demográfica (2004): razão entre a população e a área do município. Mostra como a população se distribui pelo território do Estado.

- u_2 : Taxa de urbanização (2004): proporção da população urbana em relação à população total.
- u_3 : Receita orçamentária *per capita* (2003): parcela da receita orçamentária municipal destinada a cada habitante.
- u_4 : Percentual do consumo de energia elétrica da indústria e comércio (2004): participação do consumo de energia industrial e comercial no consumo total de energia elétrica do município.
- u_5 : Percentual de trabalhadores do emprego formal com rendimento superior a dois salários mínimos (2003): proporção de trabalhadores com rendimento maior que dois salários mínimos em relação ao total de trabalhadores do emprego formal.

Produtos:

- v_1 : Produto interno bruto *per capita* (2003): é o valor monetário dos bens e serviços finais produzidos por habitante.
- v_2 : Percentual do produto interno bruto do setor industrial (2003): participação do PIB do setor industrial no PIB total do município.

Foram rodados 184 modelos de programação linear por intermédio do *software* LINGO 6.0, nos moldes das equações (4) a (7), de modo a comparar a eficiência de cada município em relação aos demais. Cada modelo é composto pela função objetivo, 185 restrições envolvendo insumos e produtos, e sete restrições de não-negatividade das variáveis. As Figuras 3 e 4, bem como a Tabela 1, resumizam os resultados obtidos.

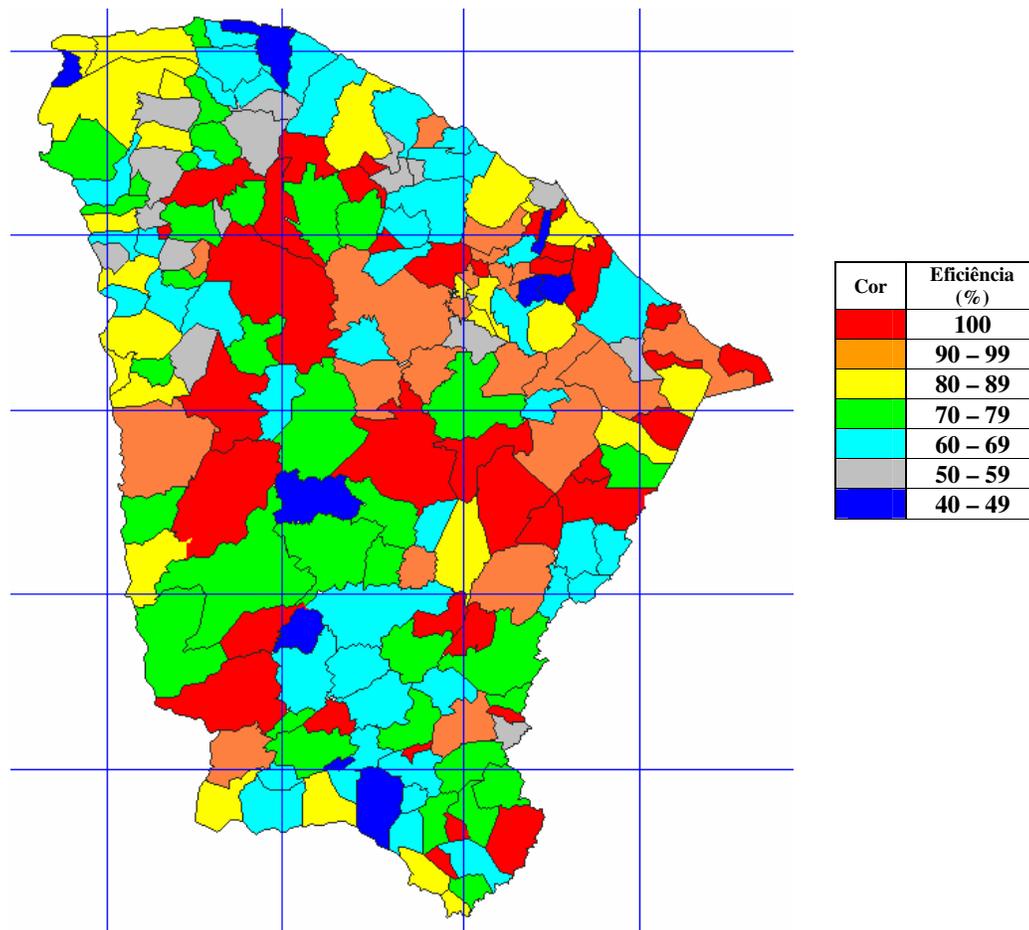


Figura 3 – Visão espacial da eficiência das economias cearenses.

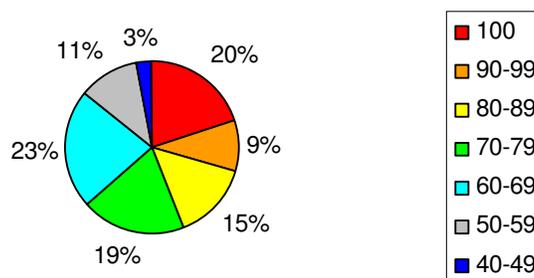


Figura 4 – Percentual dos municípios por nível de eficiência.

Tabela 1 – Síntese dos resultados obtidos.

Municípios	Eficiência (%)
Uruburetama, Tarrafas, Tamboril, Sobral, São João do Jaguaribe, Santa Quitéria, Quixeré, Quixeramobim, Quixelô, Porteiras, Pacujá, Pacatuba, Pacajus, Orós, Mirafima, Mauriti, Jaguaribara, Jaguaretama, Itapajé, Itaichaba, Independência, Icapuí, Horizonte, Granjeiro, General Sampaio, Fortim, Cascavel, Caridade, Banabuiú, Baixio, Arneiróz, Aratuba, Alto Santo, Aiuaba, Abaiara e Eusébio.	100
Russas, Paraipaba, Pacoti, Morada Nova, Campos Sales, Choro, Mulungu, Maranguape, Deputado Irapuan Pinheiro, Lavras da Mangabeira, Crateús, Jaguaribe, Ibareta, Varjota, Madalena, Aracati, Canindé e Capistrano.	90 – 99
Jaguaruana, Redenção, Moraújo, Aquiraz, Maracanaú, Itapipoca, Martinópolis, Ibiapina, Guaramiranga, Santana do Cariri, Jardim, Camocim, Poranga, Ocara, Ipaporanga, Solonópolis, Salitre, Barroquinha, Pindoretama, Granja, Limoeiro do Norte, Ipueiras, Acarape, Penaforte, Caucaia, Quiterianópolis e Guaraciaba do Norte.	80 – 89
Jijoca de Jericoacoara, Assaré, Jati, Tauá, Catunda, Forquilha, Antonina do Norte, Viçosa do Ceará, Massapé, Cariré, Várzea Alegre, Iguatu, Boa Viagem, Senador Sá, Frecheirinha, Ubajara, Tabuleiro do Norte, Senador Pompeu, Mombaça, Acaraú, Parambu, Umari, Milagres, Aurora, Pires Ferreira, Ararendá, Piquet Carneiro, Irauçuba, Tejuçuoca, Alcântaras, Novo Oriente, Barro, Missão Velha, Iço e Quixadá.	70 – 79
Pentecoste, Tianguá, Iracema, Bela Cruz, Amontada, Cariús, Farias Brito, Barbalha, Croata, Apuiarés, Araripe, Paramoti, Saboeiro, Acopiara, Marco, Brejo Santo, Caririçu, Ererê, Cruz, Graça, São Benedito, Aracoiaba, São Gonçalo do Amarante, Jucás, Ipu, Trairi, Meruoca, Beberibe, Nova Olinda, Hidrolândia, Monsenhor Tabosa, Pereiro, Milha, Cedro, Itatira, Juazeiro do Norte, Potiretama, Ibicuitinga, Palmácia, Potengi, Itarema e Paracuru.	60 – 69
Ipaumirim, Pedra Branca, Mucambo, Morrinhos, Tururu, Fortaleza, Groaíras, Carnaubal, Itapiúna, Crato, Reriutaba, Nova Russas, São Luís do Curu, Umirim, Coreaú, Santana do Acaraú, Chaval, Palhano, Baturité, Itaitinga e Uruoca.	50 – 59
Catarina, Chorozinho, Altaneira e Guaiúba.	40 – 49

Com relação ao modelo, são pertinentes as seguintes observações:

- Utilizou-se o modelo CCR, devido à sua fácil implementação computacional, à facilidade de interpretação de seus resultados e à sua notória confiabilidade no meio corporativo.
- As variáveis u_1 , u_2 e u_5 almejam representar a população de cada cidade enquanto insumo para as atividades de produção e de prestação de serviços.
- A variável u_4 destina-se a refletir a atuação de um dado município nos setores industrial e comercial, por intermédio da utilização de energia elétrica.
- A variável u_3 tem por objetivo representar o investimento municipal para cada habitante, o que constitui um relevante insumo para a atividade econômica da cidade.
- A variável v_1 prima por representar o que foi produzido em cada cidade, enquanto a variável v_2 destina-se a refletir o quão industrializado é um dado município.
- Nota-se que os insumos do modelo objetivam refletir os recursos utilizados pelo município para as atividades de produção e de prestação de serviços, enquanto os produtos visam representar o que produzido por cada cidade.

Com relação os resultados obtidos podem ser ressaltados os seguintes comentários:

- Apenas 20% dos municípios cearenses operam em regime de eficiência, no que se refere ao desenvolvimento de suas economias.
- Fortaleza, apesar de ser notoriamente a economia mais proeminente do Estado, ficou na 164ª. posição no ranqueamento dos municípios, composto em ordem decrescente de eficiência. Tal fato se deve aos seguintes fatores: (i) dado o porte da população da capital cearense, o PIB *per capita* é pequeno em relação a outros municípios; e (ii) tendo em vista a importância do setor de serviços na economia de Fortaleza, a participação do setor industrial no PIB é baixa.
- Com relação aos municípios considerados mais eficientes, podem ser ressaltadas as seguintes estatísticas: (i) 86,1% dos municípios eficientes possuem renda *per capita* inferior à R\$ 4.000,00; (ii) 83,3% dos municípios eficientes possuem densidade demográfica inferior à 100 hab/km²; (iii) 16,7% dos municípios eficientes possuem percentual do consumo de energia elétrica da indústria e comércio superior à 40%.
- As estatísticas ilustradas acima salientam que os municípios considerados mais eficientes são, em sua grande maioria, cidades pequenas onde há razoável distribuição de renda. Assim, a eficiência da economia de um município é função do equilíbrio entre os seus insumos e produtos, e não meramente da magnitude da cidade.
- Analisando os dados espacialmente, foi possível constatar tendências de ineficiência nas regiões norte e sul do Estado, onde se concentram grandes centros urbanos e intensas atividades industriais.

5. Conclusões

Este artigo reportou uma aplicação da Análise Envoltória de Dados na tomada de decisão no setor público, avaliando as eficiências dos 184 municípios cearenses no que diz respeito ao desenvolvimento de suas economias. A aplicação reportada apresenta uma série de benefícios, dentre os quais podem ser destacados:

- A aplicação do método DEA permite uma avaliação macroscópica do estágio atual do desenvolvimento econômico do Estado do Ceará; e
- As eficiências relativas a cada município obtidas pelo modelo auxiliam o processo de tomada de decisão no setor público, pois permitem o estabelecimento de políticas públicas e a priorização de investimentos que objetivem uma melhoria dos níveis de desenvolvimento econômico dos municípios do Estado.

O modelo apresentado apresenta algumas limitações intrínsecas ou que decorreram de simplificações no escopo da pesquisa, dentre as quais podem ser ressaltadas:

- O desenvolvimento econômico não é meramente função do crescimento do PIB, mas de outras variáveis conjunturais e sociais. A taxa de crescimento de uma economia, por si só, não reflete o desenvolvimento econômico, constituindo-se em um indicador de crescimento econômico. As premissas do modelo apresentado foram calcadas nas variáveis consideradas pelo IPECE no estudo do IDH do Estado do Ceará em 2004, que consideram variáveis dependentes do PIB como refletoras de desenvolvimento econômico; e
- A prestação de serviços e o setor primário são atividades de suma relevância para a economia de diversos municípios cearenses. Variáveis que refletem diretamente tais atividades não foram consideradas na modelo.

Pretende-se aprofundar a pesquisa, incorporando ao modelo outras variáveis que reflitam indicadores tais como infra-estrutura, educação, saúde e prestação de serviços, com vistas a representar outras variáveis inerentes ao desenvolvimento econômico, bem como avaliando as práticas gerenciais dos municípios considerados mais eficientes.

É pertinente ressaltar que a incorporação de novas variáveis ao modelo poderá propiciar uma maior dificuldade na interpretação dos seus resultados, bem como na discriminação das UTD's. Portanto, no momento da adição de novas variáveis ao modelo, o planejamento do novo experimento deverá ser realizado com cautela. Outra solução pertinente é que podem ser buscadas variáveis agregadas que representem, conjuntamente, alguns aspectos não considerados neste modelo inicial.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece a CAPES, pelo apoio fundamental para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

Referências

Bosetti, V.; Cassinelli, M.; Lanza, A. *Using Data Envelopment Analysis to evaluate environmentally conscious tourism management.* Natural Resources Management, 2004.

Charnes, A., Cooper, W.W. e Rhodes, E. (1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research* 2, 429-444.

Charnes, A.; Cooper, W. W. Cooper; Li, S. (1989), Using data envelopment analysis to evaluate efficiency in the economic performance of Chinese cities. *Socio-Economic Planning Sciences* , 23, 325 – 344.

Coelli, T., Rao, D.S.P. e Battese, G.E. *An introduction to efficiency and productivity analysis.* Boston: Kluwer Academic Publishers, 1999.

Cooper, W. W.; Tone, K.; Seiford, L. M. *Introduction to Data Envelopment Analysis and its uses: with DEA-solver software and references.* New York: Springer-Verlag, 2005.

Cullinane, K., Song, D. W., Ji, P. e Wang, T. F. (2004) An application of DEA windows analysis to container port production efficiency. *Review of Networks Economics*, 3, 184 – 206.

Holanda, M. C., Petterini, F. C. e Nogueira, C. A. G. *O SUS no Ceará: avaliação de eficiência técnica nos municípios.* Fortaleza, IPECE, 2004.

IPECE. *Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) – Ceará 2004.* Fortaleza, 2006.

Mello, J.C.C.B.S., Meza, L.A., Gomes, E.G. e Biondi Neto, L. *Curso de Análise de Envoltória de Dados.* XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, 2005.

Nanci, L.C., Senra, L.F.A.C. e Mello, J.C.C.B.S. *Uso de DEA e técnicas de agrupamento na avaliação do desempenho de operadores logísticos – estudo de caso na entrega domiciliar de jornais.* XIX Encontro Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes, Recife, 2005.

Novaes, A.G. *Avaliação da produtividade de serviços de transportes através da análise envoltória de dados.* Transporte em Transformação. São Paulo: Makron Books, 1998.

Talluri, S. (2000) Data envelopment analysis: models and extensions. *Decision Line*, 5, 8 – 11.