

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE OPERADORES LOGÍSTICOS NA DISTRIBUIÇÃO DOMICILIAR DE JORNAIS

Luiz Cesar Nanci

Luis Felipe Aragão de Castro Senra

Programa de Mestrado em Engenharia de Produção

Universidade Federal Fluminense

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello

Marco Antonio Farah Caldias

Departamento de Engenharia de Produção

Universidade Federal Fluminense

RESUMO

A dificuldade de se avaliar eficiência de operadores logísticos consiste no fato de geralmente se tratar de um problema de múltiplos *inputs* e *outputs*. A Análise Envolvória de Dados é um método não-paramétrico que elimina esta dificuldade e avalia unidades de produção de forma comparada. Neste estudo, avaliou-se a eficiência de operadores logísticos particularmente na atividade de distribuição domiciliar de jornais. Os resultados indicam que algumas características geográficas e sócio-econômicas das áreas de entrega influenciam diretamente na eficiência das empresas, o que é ilustrado pelo método DEA em camadas de iso-eficiência.

ABSTRACT

Assessing services of third-party logistics usually involve multiple inputs and outputs, what makes it a difficult task. Data Envelopment Analysis is a non-parametric method that eliminates this difficulty and assess production units comparing each other. In this work, the efficiency of third-party logistics was assessed, specifically in the activity of newspaper home delivery. The results indicate that some geographic and social-economical characteristics of the areas have strong impacts on the efficiency of the third-party logistics, and this is illustrated by the DEA method with layers of efficiency.

1. INTRODUÇÃO

Em geral, o objetivo de medir a eficiência comparada entre unidades de produção é classificá-las em eficientes ou não-eficientes e dar uma medida relativa da eficiência para as não-eficientes. Outros objetivos da metodologia DEA consistem em estabelecer um ou mais *benchmarks* e posicionar as outras unidades em relação a eles ou ordená-las segundo as eficiências calculadas.

Na década de 90, as aplicações da metodologia DEA foram amplamente exploradas em diversos setores da economia, dentre eles o setor de Transportes e Logística, incluindo aplicações militares, serviços de ônibus escolares e avaliação de tráfego aéreo. Novaes (2001) aplicou a metodologia DEA para avaliar a eficiência de operadores logísticos que operam no país e estabelecer benchmarks entre unidades regionais de um serviço de distribuição de produtos. Outros casos do uso de DEA no setor de Transportes podem ser encontrados em Soares de Mello *et al.* (2003), Angulo Meza *et al.* (2002) e Adler e Golany (2001).

A dificuldade de se avaliar operadores logísticos está no fato das atividades envolvidas possuírem muitas variáveis tanto de entrada (*inputs*) quanto de saída (*outputs*), o que estatisticamente só é tratável ao isolar-se um *output* de cada vez (variável dependente) e calcular-se os coeficientes de regressão para as variáveis independentes (*inputs*). Em DEA, é possível obter um índice único de eficiência, mesmo com múltiplos *inputs* e *outputs*.

Neste trabalho, utilizou-se DEA para avaliar a eficiência de operadores logísticos na atividade de distribuição domiciliar de jornais, através de um estudo de caso de uma grande empresa de comunicação do país. Na seção 2 é apresentada uma breve descrição da empresa estudada e do processo logístico que envolve a produção e a distribuição de jornais. Na seção 3 a metodologia DEA é sucintamente explicada, seguida da seção 4, onde o processo de modelagem e escolha das variáveis é discutido. A seção 5 traz os resultados obtidos da aplicação do modelo DEA, sua interpretação e relaciona as eficiências obtidas a outras variáveis explicativas. As seções 6 e 7 complementam a interpretação dos resultados, com aplicação de DEA em camadas de iso-eficiência e trazem comentários finais e sugestões de desenvolvimento futuro a respeito do trabalho.

2. ESTUDO DE CASO

A Infoglobo Comunicações é uma empresa das Organizações GLOBO, que edita e produz o jornal O GLOBO, um dos maiores e mais antigos do país em sua categoria. O jornal O GLOBO circula na maioria das capitais estaduais do Brasil, e sua produção se dá no Estado do Rio de Janeiro, onde sua distribuição é concentrada, com mais de 5.000 pontos de venda.

Criado em 1979, o serviço de entrega domiciliar disponibiliza o jornal diariamente para cerca de 200 mil assinantes na cidade do Rio de Janeiro e Região Metropolitana e na grande maioria dos municípios do interior do estado, e ainda algumas cidades do Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo (incluindo a capital). O serviço também é disponibilizado em Brasília e outras capitais estaduais. O escopo deste estudo abrange os operadores logísticos que atuam nas cidades do Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo, o que representa aproximadamente 70% do volume total de jornais entregues.

2.1 Logística da Entrega Domiciliar de Jornais

A distribuição domiciliar de jornais representa um caso particular da distribuição “um para muitos” (Novaes, 2001), principalmente devido ao volume e frequência de entrega envolvidos nesta atividade. A operação se concentra na madrugada, mais precisamente de 23:30h às 7:00h do dia seguinte, janela de tempo na qual podemos dividir a operação em quatro etapas distintas:

(1) Produção; (2) Expedição (carregamento), (3) Distribuição “um para um”; e (4) Distribuição “um para muitos”. Por não se enquadrar no escopo deste estudo, o processo de distribuição para bancas (venda avulsa) não será abordado.

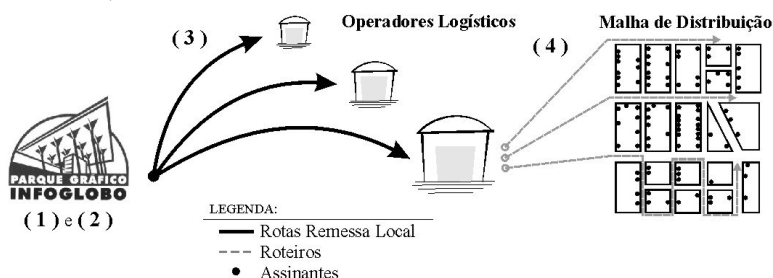


Figura 1: Esquema gráfico das Etapas da Distribuição Domiciliar de Jornais – Remessa Local

Na distribuição “um para um” o jornal é transportado até o operador logístico, que pode pertencer à remessa local ou interior. Na remessa interior, os jornais enviados para o interior do estado seguem em rotas fixas, com diversos pontos de parada e longas distâncias percorridas, o que caracteriza uma distribuição “um para muitos”. Na remessa local, a janela de tempo é menor, com rotas curtas e rápidas, porém com maior volume de produtos. Dadas as restrições de janela de tempo e capacidade de carregamento, pode ser necessário uma frota com elevado número de veículos.

2.2 Terceirização da Entrega ao Cliente Final

Para a realização da etapa final de distribuição dos jornais aos assinantes, opera-se atualmente com cerca de 50 empresas terceirizadas, em âmbito nacional, com 09 delas atuantes na região metropolitana do Rio de Janeiro, foco deste estudo. Pode-se dividir a etapa final em manuseio e entrega. Na etapa de manuseio, junta-se as diversas partes do jornal (capa, classificados, cadernos especiais, encartes comerciais, etc), formando o produto final. A etapa seguinte é a entrega propriamente dita, na qual a malha do operador logístico possui roteiros praticamente fixos e pré-definidos. Os veículos mais usados nesta fase são motos e “carrinhos de mão”.

Decidiu-se avaliar o desempenho dos operadores logísticos nesta última etapa da cadeia de distribuição (“um para muitos”) através da Análise Envoltória de Dados (DEA), originalmente proposta por Charnes *et al.* (1978), por se tratar de uma metodologia onde as eficiências de cada unidade são calculadas de forma comparada e há mínima interferência do avaliador. Além disso, pode-se determinar “benchmarks” entre as unidades.

3. METODOLOGIA DEA

A Análise de Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) é uma metodologia que usa programação linear para avaliação de eficiências comparativas de Unidades de Tomada de Decisão (*Decision Making Unit* – DMU). A eficiência relativa de uma DMU é definida como a razão da soma ponderada de produtos (*outputs*) pela soma ponderada de insumos necessários para gerá-los (*inputs*). Os pesos usados nas ponderações são obtidos através de um programa de programação fracionária que atribui a cada DMU os pesos que maximizam a sua eficiência. Seu uso é de particular interesse quando se deseja determinar a eficiência de unidades produtivas onde não seja relevante ou não se deseja considerar somente o aspecto financeiro (Gomes *et al.*, 2001).

Há dois modelos DEA clássicos: CCR e BCC. O modelo CCR (também conhecido como 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 ($k = 1, 2, \dots, s$) é uma unidade de produção que utiliza n *inputs* x_{ik} , $i = 1, 2, \dots, n$, para produzir m *outputs* y_{jk} , $j = 1, 2, \dots, m$. Esse modelo maximiza o quociente entre a combinação linear dos *outputs* e a combinação linear dos *inputs*, com restrição de que para qualquer DMU esse quociente não seja maior que 1.

Com alguns artifícios matemáticos, este modelo é linearizado, transformando-se no problema de programação linear apresentado em (1), onde h_o é a eficiência da DMU o em análise; x_{io} e y_{io} são os *inputs* e *outputs*, da DMU o ; v_i e u_j são os pesos calculados pelo modelo para os *inputs* e *outputs*, respectivamente.

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

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*. O modelo BCC não será utilizado neste trabalho.

4. MODELAGEM

4.1 Modelo utilizado

Para a escolha do modelo DEA a ser utilizado, observou-se a escala de operação dos operadores logísticos (DMUs) e o ambiente de negócios no qual estão inseridos. Apesar das empresas operarem em regiões geográficas distintas entre si, o ambiente competitivo de negócios é muito semelhante, o que justifica o uso do modelo CCR. O modelo foi orientado a *input*, uma vez que deseja-se a minimização dos recursos usados na operação, mantendo-se constante os produtos (*outputs*). Por ser terceirizado, o operador logístico não possui controle sobre alguns *outputs* (ver seção 4.2).

Observou-se ainda a capacidade discriminatória do modelo, uma vez que deseja-se ordenar as DMUs. Em DEA, para um número pequeno de DMUs e muitas variáveis, pode haver muitos empates na fronteira de eficiência. Na literatura, algumas formas de contornar este problema foram estudadas, com destaque para a análise da fronteira invertida (Soares de Mello *et al.*, 2003), método multicritério de seleção de variáveis (Soares de Mello *et al.*, 2001) e método multicritério combinatório de seleção de variáveis (Senra *et al.*, 2003).

4.2 Variáveis do modelo

Um clássico *trade-off* em DEA consiste em escolher as variáveis que melhor representam o objeto de estudo e obter uma boa discriminação das DMUs, para separar as eficientes das não-eficientes. Porém, ao se acrescentar novas variáveis e aumentar a representatividade do modelo, reduz-se o poder de discriminação das DMUs. Segundo Lins e Angulo Meza (2000), o modelo deve ser mantido o mais compacto possível para maximizar o poder discriminatório de DEA.

Desta forma, optou-se por identificar o máximo de variáveis que pudessem traduzir a operação de distribuição domiciliar e obter um equilíbrio entre a representatividade do modelo e a discriminação das DMUs. As variáveis identificadas, divididas em *inputs* e *outputs*, foram:

4.2.1. Inputs

1. Entregadores

Dentre os funcionários envolvidos na operação de distribuição domiciliar, podemos citar entregadores, supervisores de área e gerentes. Os entregadores representam cerca de 95% desta mão-de-obra, sendo assim o principal recurso humano da atividade. Apenas os entregadores foram considerados nesta variável. Quanto menor o número de entregadores, supõe-se maior eficiência do operador em gerenciar sua mão-de-obra, assim como otimizar a entrega.

2. Roteiros

Na atividade de entrega domiciliar, o número de roteiros utilizados por um operador logístico caracteriza o nível de otimização de sua entrega, uma vez que o operador tem total autonomia no gerenciamento dos roteiros. Esta variável possui alta correlação com a variável “entregadores” (0,8906), uma vez que a grande maioria dos roteiros não são otimizados. Por esta razão, optou-se por não incluir esta variável no modelo.

3. Janela de Tempo

Consiste no tempo medido desde o recebimento do jornal no centro de distribuição até a última entrega realizada. As janelas de tempo de entrega são muito próximas entre si, com desvio padrão de apenas 20 minutos, em função da localização dos centros de distribuição. O horário limite estabelecido para entrega dos jornais é o mesmo para todos os operadores logísticos. Por este motivo, esta variável não será incluída no modelo. Além disso, este tipo de variável aumenta as eficiências obtidas e pode mascarar os resultados.

4.2.2. Outputs

1. Jornais entregues

O número de jornais entregues é uma variável não-controlável, sendo definida pela venda de assinaturas aos clientes, atividade que não é exercida pelo operador logístico. Mesmo assim, esta variável deve constar no modelo, por ser uma medida de saída (*output*) da atividade.

2. Reclamações diárias

Quando o horário limite para entrega dos jornais é ultrapassado e o assinante ainda não recebeu seu jornal, pode entrar em contato com a Central de Atendimento e registrar uma reclamação de não-entrega. Existem diversos tipos de reclamações além da não-entrega como, por exemplo: jornal incompleto e jornal em mau-estado. Considerou-se a reclamação de não-entrega como a mais grave, uma vez que seus efeitos negativos podem ser imensuráveis para a empresa. Por esta razão, apenas as reclamações de não-entrega foram consideradas nesta variável. O número de reclamações é um *output indesejável* (Tavares, 1998), pois quanto menor for o seu valor, maior será a eficiência do operador logístico. Portanto, para o cálculo coerente das eficiências, esta variável deve constar no modelo como um *input*.

3. Pontos de Entrega

O número de pontos de entrega também é uma variável não-controlável, pela mesma razão da variável “jornais entregues”. Espera-se que quanto maior for o número de pontos de entrega cobertos pelo operador, mais eficiente será sua entrega.

Para formar a base de dados do modelo, foram compilados dados diários de janeiro a abril de 2004, e calculadas as médias aritméticas das variáveis, desprezando eventos especiais como reveillon, carnaval e feriados, onde a rotina da distribuição de jornais sofre alterações significativas.

Outras variáveis foram identificadas, porém não puderam ser utilizadas no modelo DEA, já que representam características geográficas das áreas de entrega dos operadores logísticos. Estas variáveis podem explicar eficiências e ineficiências obtidas a partir do modelo DEA, e serão abordadas com detalhe nas seções 5.1 e 5.2.

A Tabela 1 traz o conjunto de variáveis utilizadas no modelo, dadas as restrições de uso impostas a algumas variáveis identificadas anteriormente.

Tabela 1: *Inputs e Outputs* usados no modelo

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
Entregadores	Jornais entregues
Reclamações diárias	Pontos de Entrega

5. RESULTADOS OBTIDOS

Para o cálculo das eficiências, usou-se o software SIAD (Angulo Meza *et al.*, 2003), e os resultados são apresentados na tabela 2:

Tabela 2: Resultados - Modelo CCR

DMUs	Eficiencia CCR
DMU A	0,6543
DMU B	0,6414
DMU C	0,5459
DMU D	0,5695
DMU E	0,4650
DMU F	1,0000
DMU G	0,8870
DMU H	0,5492
DMU I	0,3861

Como se pode observar na tabela acima, a DMU F obteve a maior eficiência (1,0000) e pertence à fronteira. A DMUs G (0,8870) ficou próxima à fronteira de eficiência, o que mostra um bom desempenho desta unidade. Todas as outras DMUs tiveram suas eficiências iguais ou abaixo de 0,6543, o que leva a crer que as DMUs F e G realmente se destacam na atividade, sem enfrentar grande competitividade. Esta disparidade levou o modelo a uma eficiência média de 0,6331, relativamente baixa.

Em DEA, no caso de múltiplos *inputs* e *outputs*, é difícil visualizar graficamente a fronteira, pois esta assume dimensões acima de 3 eixos. A figura 2 ilustra as relações entre os pares de *inputs* e *outputs* usados no modelo, e facilitam a interpretação dos resultados.

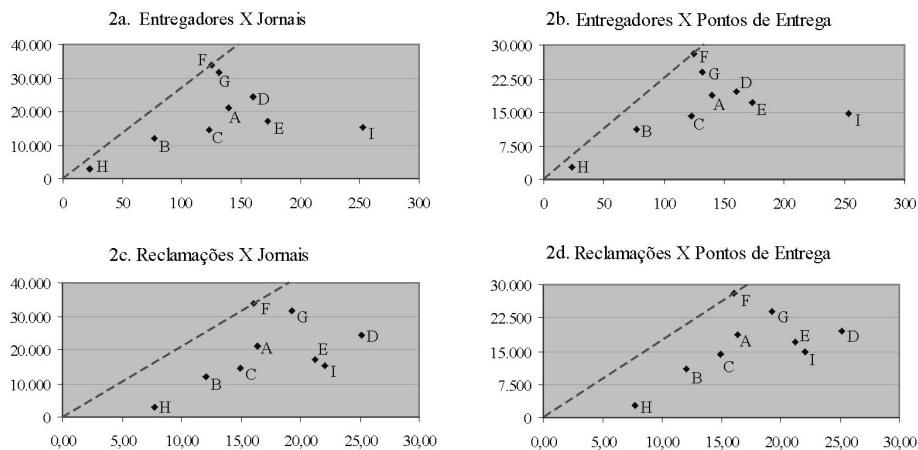


Figura 2: Representação gráfica dos Pares Input-Output e da fronteira de eficiência CCR

A partir das eficiências calculadas pelo método DEA, procurou-se entre as variáveis não utilizadas no modelo alguma relação de causalidade, que pudessem influenciar no cálculo das eficiências, uma vez que os operadores logísticos atuam em áreas geográficas distintas. Torna-se essencial então, apresentar as variáveis índice de verticalização e densidade linear de entrega.

5.1 Índice de verticalização

Existem áreas geográficas onde a concentração de edifícios aliada a fatores sócio-econômicos (como classe e nível de renda) proporciona um grande número de assinantes no mesmo espaço residencial. Este tipo de entrega é um caso comum e particular da distribuição domiciliar de jornais, e a nível de custos pode representar ganhos de escala, uma vez que cada jornal adicional ao espaço não representa uma expansão da malha de distribuição, e sim na capacidade do entregador. Desta forma, também o tempo de entrega é influenciado, o que proporciona uma distribuição mais eficiente. Este índice pode ser expresso pela equação:

$$I_v = 1 - (P/J) \quad (2)$$

Onde: I_v : índice de verticalização;

P: número de pontos de entrega única, ou seja, entrega-se somente um jornal;

J: número total de jornais entregues.

Pode-se perceber que I_v assume valores entre 0 e 1, onde valores próximos de 0 representam áreas com pouca concentração de assinantes no mesmo espaço residencial, ou seja, áreas com muitas casas e condomínios abertos (exemplo: Baixada Fluminense) e valores próximos de 1 representam o caso oposto (exemplo: Zona Sul). Deve-se alertar que para pequenos valores de P e J, o índice de verticalização obtido pela equação acima é pouco representativo.

5.2 Densidade Linear de Entrega

É uma medida de dispersão da entrega, medida em jornais/km, e pode ser obtida pelo quociente entre o número de jornais entregues e a distância total percorrida na área, expresso pela equação abaixo:

$$d_e = J / d_T \quad (3)$$

Onde: d_e : densidade linear de entrega

J: número total de jornais entregues.

d_T : distância total percorrida;

A partir da equação, conclui-se que quanto maior o valor de d_e , menos dispersa será a entrega de uma área.

Pode-se aferir que há uma relação causal entre as duas variáveis apresentadas, uma vez que um alto índice de verticalização pode levar a uma baixa dispersão da entrega (um alto valor de d_e). O coeficiente de correlação entre as duas variáveis é relativamente alto (0,7067), como ilustrado na figura 3. Uma regressão exponencial simples fornece a seguinte equação de regressão:

$$I_v = 1,54 e^{4,98 d_e} \quad (4)$$

Ao usar a regressão acima, obteve-se o valor de 0,821 para o R^2 , o que comprova a relação de explicação.

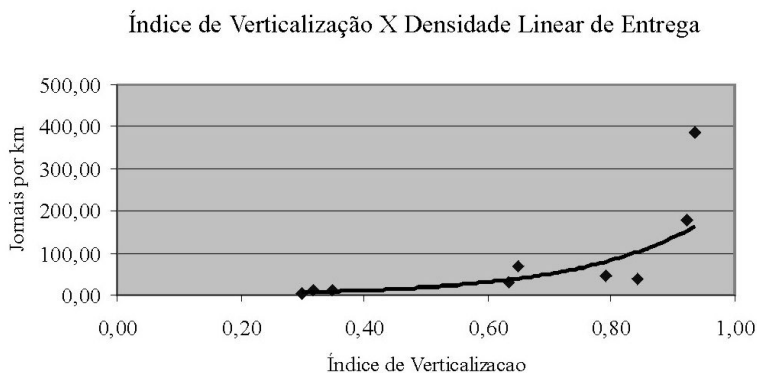


Figura 3: Gráfico de dispersão entre Índice de Verticalização e Densidade Linear de Entrega

Comparou-se as eficiências obtidas pelo modelo DEA com o índice de verticalização (I_v) e a densidade linear de entrega (d_e) de cada operador logístico, e chegou-se à conclusão que estas variáveis podem ser consideradas explicativas de boa parte da eficiência, conforme evidenciado na tabela 3, que contém as correlações e o R^2 obtido a partir da análise das variáveis. As figuras 4 e 5 ilustram os resultados.

Tabela 3: Correlações entre Eficiência CCR e as variáveis explicativas I_v e d_e

DMUs	Eficiência CCR	I_v	d_e
DMU A	0,6543	0,79	45,72
DMU B	0,6414	0,65	69,14
DMU C	0,5459	0,63	31,52
DMU D	0,5695	0,84	38,12
DMU E	0,4650	0,35	12,70
DMU F	1,0000	0,94	386,14
DMU G	0,8870	0,92	177,01
DMU H	0,5492	0,30	3,97
DMU I	0,3861	0,32	9,87
Correlação com Eficiência CRS =		0,8085	0,9138
$R^2 =$		0,6536	0,8350

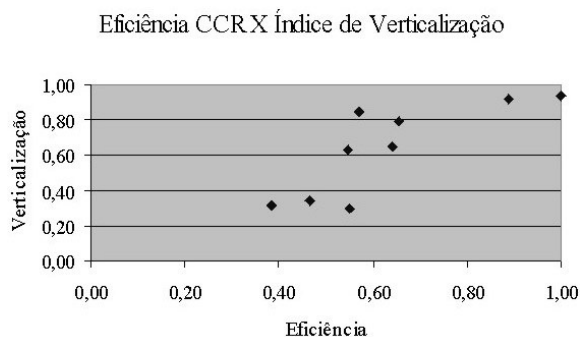


Figura 4: Gráfico de dispersão entre Eficiência CCR e Índice de Verticalização

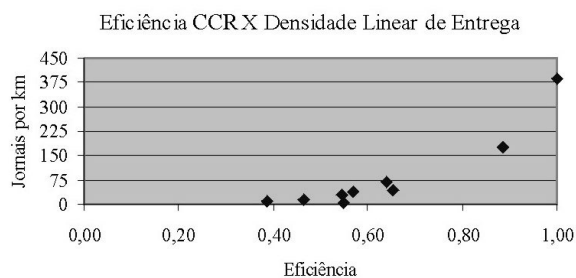


Figura 5: Gráfico de dispersão entre Eficiência CCR e Densidade Linear de Entrega

6. DEA EM CAMADAS DE ISO-EFICIÊNCIA

Visto que as variáveis Índice de Verticalização (I_v) e Densidade Linear de Entrega (d_e) influenciam diretamente na eficiência dos operadores logísticos, fez-se uma tentativa de agrupar as DMUs por camadas de eficiência. Assim, pode-se identificar faixas de valores para as variáveis citadas e ainda estabelecer níveis de eficiência a serem alcançados (alvos) pelas DMUs ineficientes pertencentes à camada imediatamente inferior, o que caracteriza um deslocamento pelas fronteiras de eficiência (Gomes, 2003).

Para a construção das camadas de iso-eficiência, parte-se dos resultados do modelo original e identifica-se as DMUs eficientes. Em seguida, estas DMUs são retiradas do modelo e calculadas as eficiências das DMUs restantes. Então, as novas DMUs eficientes são retiradas novamente e repete-se todo o processo até a última camada. A figura 5 ilustra o método para os modelos CCR e BCC.

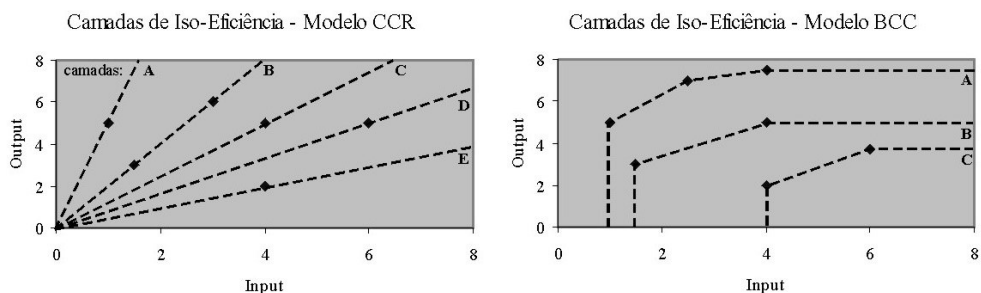


Figura 6: Fronteiras de Iso-Eficiência nos Modelos CCR e BCC

Ao aplicar o método descrito, obteve-se as seguintes camadas de iso-eficiência:

Tabela 4: Camadas de Iso-Eficiência e comparação com as variáveis I_v e d_e

DMUs	I_v	d_e	Camadas de Iso-Eficiência
DMU F	0,94	386,14	Camada A
DMU G	0,92	177,01	Camada B
DMU A	0,79	45,72	Camada C
DMU B	0,65	69,14	
DMU D	0,84	38,12	Camada D
DMU C	0,63	31,52	
DMU H	0,30	3,97	
DMU E	0,35	12,70	Camada E
DMU I	0,32	9,87	Camada F

Para a DMU A, por exemplo, o alvo de eficiência a ser atingido é a camada B, enquanto que para a DMU E, o alvo passa a ser a camada D.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de DEA para calcular a eficiência de operadores logísticos mostrou-se mais uma vez de grande utilidade, e reafirma a metodologia como ferramenta de apoio à decisão e sua potencialidade de aplicação no setor de Logística e Transportes.

Através das análises de correlação com a eficiência DEA obtida, constatou-se que o Índice de Verticalização (I_v) e a Densidade Linear de Entrega (d_e) são variáveis explicativas de eficiência na distribuição domiciliar de jornais. Concluiu-se que através da segmentação das DMUs em camadas de iso-eficiência pode-se estabelecer alvos de eficiência, o que a torna uma ferramenta gerencial de extrema importância e ampla aplicabilidade.

Como desenvolvimento futuro, estuda-se a possibilidade de uma avaliação mais detalhada dos operadores logísticos, através da subdivisão destes em suas respectivas áreas de entrega. Assim, pode-se segmentar as áreas segundo as variáveis explicativas I_v e d_e e aplicar a técnica DEA para avaliar as eficiências das áreas em cada segmento. Também identifica-se a possibilidade de construir funções de custo da distribuição domiciliar de jornais usando DEA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, N. e B. Golany (2001) Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal component analysis with an application to Western Europe. *European Journal of Operational Research*, v. 132, n. 2, p. 260-273.
- Angulo-Meza, L., E.G. Gomes e J.C.C.B. Soares de Mello (2002) Enfoque multiobjetivo para determinação de benchmarks de companhias aéreas brasileiras DEA-ineficientes. *Anais do XVI ANPET*, Natal, RN, Outubro, p. 27-34.

- Angulo-Meza, L., L. Biondi Neto, J.C.C.B. Soares de Mello e E.G. Gomes (2003) SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão: uma implementação computacional de modelos de Análise Envoltória de Dados. *Anais do 1º Encontro Regional da SOBRAPO – RJ*, Niterói, Junho.
- Banker, R.D., A. Charnes e W.W. Cooper (1984) Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v.30, n.9, p. 1078-1092.
- Charnes, A., W.W. Cooper e E. Rhodes (1978) Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, v.2, p. 429-444.
- Gomes, E.G., J.C.C.B. Soares de Mello, B.P. Serapião, M.P.E. Lins e L. Biondi Neto (2001) Avaliação de Eficiência de Companhias Aéreas Brasileiras: Uma abordagem por Análise Envoltória de Dados. In: Setti, J.R.A. e O.F. Lima Junior (eds), *Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2001 – Anais do XV ANPET*, Campinas, SP, Novembro, v.2, p.125-133.
- Gomes, E.G. (2003) Modelos de Análise Envoltória de Dados com Ganhos de Soma Zero. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- Lins, M. P. E. L. Angulo Meza (2000) Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente do Apoio à Decisão. Editora da COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- Novaes, A.G. (2001) Rapid-transit efficiency analysis with the Assurance-Region DEA method. *Pesquisa Operacional*, v.21, n.2, p.179-197.
- Novaes, A.G. (2001) Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição (1ª.edição). Editora Campus, Rio de Janeiro.
- Senra, L.F.A.C., J.C.C.B Soares de Mello (2003) Uso de Técnicas de Seleção de Variáveis em DEA para Analisar o Setor Elétrico. In: VI Simpósio de Pesquisa Operacional da Marinha e VII Simpósio de Logística da Marinha, *Anais do SPOLM 2003*, Rio de Janeiro.
- Soares de Mello, J.C.C.B., L. Angulo Meza, E.G. Gomes, B.P. Serapião e M.P.E. Lins (2003) Análise de Envoltória de Dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. *Pesquisa Operacional*, v.23.
- Soares de Mello, J.C.C.B., E.G. Gomes, M.H.C. Soares d Mello, M.H.C. e M.P.E. Lins (2001) Seleção de Variáveis para utilização de Análise Envoltória de Dados como ferramenta Multicritério: uma aplicação em Educação. *Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção e VII International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
- Tavares, G.J.P. (1998) DEA – Os modelos básicos e suas extensões principais: Um Modelo para a Análise da Modernização dos Serviços de Telecomunicações dos Países da OCDE. Tese de Mestrado, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

Endereços:

Luiz Cesar Nanci - Mestrado em Engenharia de Produção – UFF – RJ
Praia João Caetano, 155/402 – Ingá – Niterói - RJ
cnanci@predialnet.com.br

Luis Felipe Aragão de Castro Senra - Mestrado em Engenharia de Produção – UFF – RJ
lfacs@nomade.fr

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello – Departamento de Engenharia de Produção – UFF – RJ
Rua Passos da Pátria, 156, São Domingos, 24210-240 – Niterói – RJ
jcsmello@producao.uff.br

Marco Antonio Farah Caldas - Departamento de Engenharia de Produção – UFF – RJ
Rua Passos da Pátria, 156, São Domingos, 24210-240 – Niterói – RJ
mcaldas@producao.uff.br