

DECISÃO DA REALIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO COM ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Hugo Luís do Nascimento Pimenta

Mestrado em de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, CEP: 24210-240, Niterói, RJ
hlnpimenta@yahoo.com.br

Marco Aurelio Macedo

Mestrado em de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, CEP: 24210-240, Niterói, RJ
marconauff@yahoo.com.br

João Carlos C. B. Soares de Mello

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

Resumo

Este trabalho apresenta uma modelagem para decisão de novos investimentos em tecnologia da informação, com uso da Análise Envoltória de Dados. O objetivo é comparar as diferentes opções de investimentos, constituindo um modelo que poderá ser utilizado para analisar a viabilidade de projetos, os riscos envolvidos e, quantificar os benefícios reais dos investimentos a serem realizados. Os índices de eficiência gerados pelo modelo permitirão que os agentes com poder de decisão dentro das empresas escolham a opção de investimento mais eficiente entre as opções disponíveis. Os inputs do modelo são os riscos e custos de desenvolvimento e os outputs os benefícios esperados.

Palavras-chave: DEA – Decisão – Investimento.

Abstract

In this paper we propose the use of DEA (Data Envelopment Analysis) to modeling decisions of new investments in information technology. The objective is to compare the different options of investments, constituting a model that could be used to analyze the viability of projects, involved risks and to quantify the real benefits of new investments. The efficiency pointers generated by the model will allow that the agents with being able of decision inside of the companies choose the option of more efficient investment between the available options. Inputs of the model are the risks and costs of development and output the benefits.

Keywords: DEA – Decision – Investments.

1. INTRODUÇÃO

Durante algum tempo, a tecnologia da informação (TI) foi considerada como um mero item de suporte à organização, que não gerava qualquer retorno para o negócio. Esse panorama começou a mudar a partir do momento em que as aplicações de TI deixaram de ser apenas uma forma de automatizar tarefas e passaram a também contribuir para enriquecer todo o processo organizacional, otimizando atividades e, reduzindo o custo de comunicação interna e externa.

As empresas reconhecem a importância destes investimentos para otimizar seus níveis de eficiência e aumentar sua competitividade no mercado, mas de forma geral, a tecnologia da informação, por si só, não é capaz de gerar ganhos para as empresas. Para que traga resultados efetivos, é preciso que os sistemas e soluções estejam integrados a uma estratégia de negócio, ou seja, que os investimentos de TI estejam diretamente associados a um objetivo organizacional.

O grande problema é conseguir avaliar corretamente quais são os impactos que os investimentos em infra-estrutura de TI causam ao negócio. O desafio dos diretores de informática (CIOs – *Chief of Information Officer*) é definir os retornos esperados por estes investimentos. Além disso, novos investimentos em TI envolvem decisões que devem ser tomadas para maximizar a relação custo/benefício e minimizar os riscos do investimento.

Os tomadores de decisão eficazes são aqueles que conseguem definir exatamente os benefícios que devem ser alcançados ao investir preciosos recursos da

empresa em novos equipamentos e serviços. Nesta etapa, o perigo não está presente apenas na definição incorreta, mas também naquela definição plausível, mas incompleta (Drucker, P.F., 1967).

Para tomar uma decisão adequada faz-se necessário responder a questões como:

Quais são os reais ganhos obtidos?

É possível reduzir custos?

Quais são os riscos envolvidos?

Como avaliar os benefícios propiciados pela tecnologia?

Este modelo tem como objetivo selecionar da alternativa de investimento mais adequada as necessidades da empresa, considerando simultaneamente os vários aspectos envolvidos na decisão. Para isso é necessário desenvolver um modelo capaz de mostrar através de índices de eficiência a relação entre os custos, os riscos envolvidos e os benefícios proporcionados por estas alternativas de investimentos em tecnologia da informação. Para tal utilizar-se-ão as ferramentas matemáticas de Análise Envoltória de Dados (DEA).

2. INVESTIMENTOS EM TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Em alguns segmentos de mercado, as forças de competição criaram um ambiente empresarial dinâmico e rapidamente variável. Este ambiente dispõe de oportunidades sem precedentes para crescimento e diversificação. Porém, também existem ameaças como erosão de margem, redução da participação de mercado, e obsolescência tecnológica. Além disso, as empresas temem ficar atrás dos concorrentes. Para manter os níveis de lucratividade e competitividade, as empresas precisam investir constantemente em novas soluções de tecnologia da informação.

As empresas precisam de um ambiente de computação que permita que seus negócios fiquem à frente dos seus concorrentes. Para lhes ajudar a planejar a solução corretamente, tem de se avaliar suas necessidades quanto à carga de trabalho (*work load*), desempenho (*performance*), confiança (*reliability*), disponibilidade (*availability*), escalabilidade (*scalability*) e acessibilidade (*affordability*). Diversas soluções poderiam ser consideradas para atender estas necessidades, mas torna-se um desafio determinar a solução mais eficiente entre diversas alternativas possíveis.

2.1. TECNOLOGIAS DE REDES

2.1.1. LPCD (SLDD)

A Linha Privativa de Comunicação de Dados, LPCD, é geralmente baseada em tecnologia TDM (Time Division Multiplexing). O TDM, é uma tecnologia de multiplexação baseada no tempo, ou seja, permite que um ou mais usuários compartilhem o mesmo canal de telecomunicações físico, sobre mesma frequência, porém em intervalos de tempos diferentes.

Neste caso, o TDM determinístico, prevê que cada usuário tem seu instante reservado do canal de comunicação, isso quer dizer, não existe competição com outros usuários pelo canal de transmissão, como acontece, por exemplo, em uma rede de pacotes X25, Frame Relay ou IP.

Desta forma, a LPCD é entendido como um serviço dedicado, garantindo um circuito físico e por isso se atribui a ela um status de meio de comunicação mais robusto e de maior confiabilidade que os demais.

Eventualmente, a LPCD deverá custar mais do que as outras redes de Pacotes, justamente por alocar o recurso de rede fim-a-fim, de maneira exclusiva para determinado usuário. A escolha desta rede normalmente é feita para usuários que possuam tráfego constante e próximo a taxa de acesso que contrataram. Esta escolha é consoante com a idéia de que só se justifica a reserva de um recurso, à medida que se deverá alcançar uma alta taxa de utilização, evitando desperdício de investimento.

2.1.2. X.25

O X.25 foi uma das primeiras redes de pacotes desenvolvidas e implementadas. Uma rede de pacotes pode ser definida como uma rede sem alocação exclusiva de recursos, ou seja, sem a formação de circuitos físicos fim-a-fim. A informação é propagada pelos nós da rede entre a origem e o destino, através de endereçamentos criados e associados aos pedaços de informação que são transmitidos.

Normalmente, as redes de pacotes são adotadas quando a demanda de tráfego não sugere que seja alocado recurso em tempo integral, embora possa trabalhar com tráfego de rajadas em espaços de tempos definidos.

O X.25 é largamente utilizado em caixas bancárias, onde a necessidade de transmissão de informação ocorre em momentos bem definidos e com perfil de rajada sobre demanda.

Algumas outras características do X.25:

- Pacotes de controle de chamadas transportados no mesmo canal e no mesmo circuito virtual que os pacotes de dados;
- Ocorrência da multiplexação dos circuitos virtuais no nível de rede;
- Ocorrência do controle de erro e de endereçamento nos níveis de enlace e de rede.
- Alto grau de overhead para “acknowledge” de informação

Estas características implicam em um cabeçalho muito grande para as células a serem transportadas. Além disso, o transporte destas células envolve sempre o envio de um reconhecimento de recepção (*acknowledgment*) da parte de cada nó da rede por onde a célula passa para o nó anterior. O processamento da célula nos nós deve manter, ainda, o circuito virtual compatível com o gerenciador de chamadas e controle de erros/endereços do protocolo. Toda essa complexidade no cabeçalho é necessária devido a susceptividade da informação à influência dos ruídos introduzidos pelos canais da rede.

2.1.3. FRAME RELAY

O frame-relay é uma técnica de comutação rápida de pacotes (desenvolvida inicialmente para a RDSI), que visa eliminar uma grande parte do cabeçalho da célula utilizada no X.25, diminuindo o processamento das células nos nós.

Com o desenvolvimento da tecnologia de transmissão digital e a crescente utilização das fibras ópticas como meio de transmissão (necessária na RDSI-FL devido à largura de faixa), a qualidade da transmissão aumentou muito, de modo que todo esse controle de erros se torna exagerado e subutiliza a capacidade efetiva de altas taxas de transmissão de dados de uma RDSI. Aproveitando isto, o frame-relay visa diminuir o tempo de processamento das células nos nós eliminando uma parte do cabeçalho da célula original X.25. Isso faz com que o frame-relay possua algumas diferenças em relação ao X.25, como:

- Eliminação completa do nível de rede, pois o roteamento e a multiplexação dos caminhos virtuais ocorrem no nível de enlace;
- Não possui campo de controle, de modo que não há o processamento de "*acknowledgments*", "*rejects*", mecanismos de janela ou qualquer outro tipo de controle de fluxo (diminuindo o processamento nos nós de comutação da rede);
- Não existe controle de erro nem de endereçamento fim-a-fim (estes ocorrem em um nível mais alto, se necessário, porém o controle de erro nó-a-nó foi eliminado totalmente);
- Sinalização do controle de chamada transportado num caminho virtual diverso do usuário (nós intermediários);
- Não precisam manter seus status ou processar mensagens relativas a controle de chamadas em conexão fim-a-fim).

2.1.4. IP (VELOX)

ADSL (*Assimetric Digital Subscriber Line* ou Linha Digital Assimétrica por Assinatura) é o nome dado a uma tecnologia de ponta para comunicação de dados em alta-velocidade (entre 256 Kbps e 6 Mbps) utilizando-se de pares metálicos comuns,

como os utilizados em linhas telefônicas convencionais e que normalmente são contratados diretamente da companhia telefônica local.

No caso da Telemar, o Velox utiliza um modem de tecnologia ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), que aumenta a capacidade da linha de telefone, possibilitando a transmissão simultânea de voz e dados com alta velocidade. Com essa tecnologia, a transmissão de voz utiliza somente uma das muitas faixas de frequência da linha de telefone, liberando todas as outras para a transmissão de dados.

A transmissão de voz é encaminhada às centrais telefônicas, enquanto a transmissão de dados é direcionada à Rede de Dados da Operadora de Telecomunicações. Isso, aliado à tecnologia ADSL, permite que a velocidade de transmissão de dados seja muito superior à velocidade oferecida hoje pelas conexões discadas.

3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A técnica de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) é capaz de avaliar o grau de eficiência relativa de unidades produtivas que realizam uma mesma atividade, quanto à utilização dos seus recursos. O modelo é baseado num problema de programação fracionária onde a medida de eficiência é obtida através da razão da soma ponderada dos produtos, pela soma ponderada dos insumos.

Esta técnica permite analisar a eficiência de unidades produtivas (DMUs) com múltiplos insumos (inputs) e múltiplos produtos (outputs) através da construção de uma fronteira de eficiência, de tal forma que as empresas que possuírem a melhor relação "produto/insumo" serão consideradas mais eficientes e estarão situadas sobre esta fronteira e, as menos eficientes estarão situadas numa região inferior à fronteira, conhecida como envelope (envoltória).

Os modelos DEA fazem a agregação de *inputs* e *outputs* transformando-os em, respectivamente, *inputs* e *outputs* virtuais, resultantes de uma combinação linear dos *inputs* e *outputs* originais. Os pesos usados nesta combinação linear são calculados através de um problema de programação linear, de forma que cada DMU se beneficie com a melhor combinação de pesos, maximizando sua eficiência (Soares de Mello et al, 2002).

4. ESTUDO DE CASO: DETERMINAÇÃO DA TECNOLOGIA DE TRANSMISSÃO DE DADOS DE UMA UNIVERSIDADE

Este estudo de caso pretende elucidar e apoiar o processo de tomada de decisão da escolha da tecnologia de transmissão de dados a ser utilizada entre uma universidade e uma rede acadêmica composta de diversas universidades, considerando não apenas custos e requisitos técnicos, mas também fatores qualitativos como satisfação e confiabilidade.

O Brasil é um país extremamente extenso com diversas universidades espalhadas por seu espaço geográfico, portanto para maior sinergia e ajuda mútua entre estas diversas universidades, faz-se necessário estabelecer-se um mecanismo de comunicação entre elas. Outrora, este intercâmbio de informações ficava

extremamente restrito, dificultando muitas vezes o processo de desenvolvimento do conhecimento científico por não haver tecnologia adequada que propiciasse um canal de comunicação eficiente.

Com o desenvolvimento das telecomunicações, principalmente ao longo das duas últimas décadas do século XX, foi possível estreitar os laços entre as universidades e alavancar de maneira significativa a interação entre pesquisadores de diversas Universidades.

Primeiramente foi possível prover o acesso determinístico TDM (*time division multiplexing*). Em seguida surgiram as tecnologias de comutação de pacotes como o X.25 e o Frame Relay. Por fim, o protocolo TCP/IP foi desenvolvido e largamente empregado na Internet que hoje conecta um elevado número de usuários em todo o mundo.

Hoje, de posse destas ferramentas de comunicação à distância, cabe realizar a escolha entre as diversas tecnologias de comunicação de dados existentes, para então determinar a mais adequada a ser utilizada numa rede a ser composta entre Universidades. Uma rede que possa ser eficiente na aproximação entre as Universidades, procurando contribuir para o bom andamento do desenvolvimento científico nacional.

4.1. Modelagem

Para tomarmos a decisão sobre qual tecnologia de transmissão será empregada, utilizaremos a técnica de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) para comparar as alternativas disponíveis, determinando a eficiência de cada alternativa, levando em consideração fatores financeiros, fatores operacionais, técnicos, podendo ser quantitativos ou qualitativos.

A abordagem por Análise de Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) provê um meio eficaz de fazer tal comparação, pois permite ordená-las segundo um índice de eficiência multidimensional (Gomes et al., 2003). As simulações de cenários pelo DEA possibilitam identificar as soluções eficientes e as não eficientes. Cada alternativa será chamada de unidade tomadora de decisão (*Decision Making Unit* – DMU) e terá sua eficiência relativa determinada de forma

quantitativa. A tabela 1 apresenta as alternativas de transmissão de dados disponíveis.

Tabela 1. Soluções de transmissão de dados

DMUs		
	Tecnologia	Velocidade
A	X.25	128kbps
B	X.25	256kbps
C	Frame Relay	128kbps
D	Frame Relay	256kbps
E	Frame Relay	512kbps
F	IP (Velox)	256kbps
G	IP (Velox)	512kbps
H	LPCD	128kbps
I	LPCD	256kbps
J	LPCD	512kbps

O DEA irá comparar as DMUs através dos inputs que são os custos mensais dos serviços de transmissão de dados em reais (**custos/mês**) e a número médio de falhas mensal de cada uma das alternativas disponíveis (**falhas/mês**) de cada alternativa e, os outputs que são a porcentagem de clientes satisfeitos com os serviços prestados (**satisfação - %**) e a taxa real de utilização de transmissão de dados inerente a natureza técnica de cada tecnologia (**taxa de utilização**). O número reduzido de variáveis – inputs e outputs - aumenta o poder discriminatório do modelo DEA (Soares de Mello et al., 2002).

Não é necessário converter os inputs e os outputs para unidades monetárias (GOMES, et al., 2003), pois o DEA é capaz de trabalhar com múltiplos inputs e múltiplos outputs, todos utilizando unidades e escalas diferentes, ou seja, é invariante com relação a escala.

Observamos que a variável **média de falhas mensal** é um tipo de *output* conhecido na literatura DEA como *output* indesejável (Scheel, 2001). Há duas maneiras de tratá-lo: como *input*, que pode ser usado tanto em modelos DEA BCC

quanto em CCR, ou como um *output*, cujo valor é o seu inverso (GOMES, et al., 2003). Neste trabalho esta variável será tratada como um input.

O modelo DEA escolhido para solução deste problema foi o modelo DEA CCR (CRS) orientado a input, apresentado nas equações 1 a 4 (LINS, M.P.E et al., 2000). O modelo CCR, apresentado originalmente por Charnes et al. (1978) constroi uma superfície linear por partes, não paramétrica, envolvendo os dados. Utiliza retornos constantes de escala, onde qualquer variação nas entradas (inputs) produz variação proporcional nas saídas (outputs). Este modelo determina a eficiência pela divisão entre a soma ponderada das saídas e a soma ponderada das entradas (GOMES et al., 2003)

$$\text{Maximizar } h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a: } \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0 \quad (3)$$

$$u_j, v_i \forall x, y \quad (4)$$

4.2. Matriz de Dados

Os custos mensais dos serviços foram obtidos junto a uma operadora de telecomunicações de grande porte atuante no mercado. Os demais dados aqui apresentados foram baseados na experiência profissional de dois dos autores.

Tabela 2. Matriz de dados utilizados no modelo DEA

DMUs	INPUT		OUTPUT	
	Custos / mês	Falhas / mês	Satisfação (%)	Taxa de Utilização
A	682,00	1	50%	120kbps
B	1.491,00	1	50%	240kbps

C	607,00	2	90%	125kbps
D	863,00	2	90%	250kbps
E	1.370,00	2	90%	500kbps
F	217,00	6	75%	224kbps
G	294,00	6	75%	448kbps
H	1.812,00	0	100%	128kbps
I	2.804,00	0	100%	256kbps
J	3.984,00	0	100%	512kbps

4.3. Resultados

O modelo DEA CCR (CRS) orientado a input, apresentado na equação 1, foi aplicado as 10 soluções de transmissão de dados apresentadas na tabela 1, considerando os dados apresentados na tabela 2.

Os resultados apresentados na tabela 3 foram obtidos através do software SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), que é um sistema desenvolvido por um grupo de pesquisadores de DEA e que contém diversos avanços teóricos nesta área de pesquisa (Angulo Meza, L. et al, 2003).

Tabela 3. Eficiência das soluções de transmissão de dados

DMUs			Eficiência			
	Tecnologia	Velocidade	Padrão	Invertida	Composta	Composta*
A	X.25	128kbps	0,84722	0,77438	0,53642	0,76106
B	X.25	256kbps	0,70175	0,97844	0,36166	0,51311
C	Frame Relay	128kbps	1,00000	0,89948	0,55026	0,78070
D	Frame Relay	256kbps	0,99913	0,58947	0,70483	1,00000
E	Frame Relay	512kbps	1,00000	0,63253	0,68374	0,97007
F	IP (Velox)	256kbps	1,00000	1,00000	0,50000	0,70939
G	IP (Velox)	512kbps	1,00000	1,00000	0,50000	0,70939
H	LPCD	128kbps	1,00000	1,00000	0,50000	0,70939
I	LPCD	256kbps	0,90442	1,00000	0,45221	0,64159
J	LPCD	512kbps	1,00000	1,00000	0,50000	0,70939

*eficiência normalizada

Analisando os resultados obtidos, observamos que um grande número de DMUs são consideradas eficientes, dificultando a escolha de uma alternativa. Para distinguir entre essas DMUs é necessário introduzir o conceito de fronteira invertida (Novaes, 2002; Entani et al., 2002), que consiste em considerar os *outputs* como *inputs* e os *inputs* como *outputs*. Esse enfoque considera pelo menos duas interpretações. A primeira é que a fronteira consiste das DMUs com as piores práticas gerenciais (e poderia ser chamada de fronteira ineficiente); a segunda é que essas mesmas DMUs têm as melhores práticas considerando o ponto de vista oposto (Soares de Mello et al., 2003).

A utilização da fronteira invertida permite uma análise mais sofisticada do problema, uma vez que esta avalia as DMUs naquilo que elas são ineficientes, ou seja, a DMU deve se “especializar” naquilo que ela possui excelência e, não deve possuir um desempenho ruim nas outras tarefas. A fronteira invertida permite a identificação de DMUs consideradas “falsa eficientes”, pois DMUs consideradas eficientes através da fronteira padrão são consideradas ineficientes através da fronteira invertida, caracterizando uma falsa eficiência.

Para uma DMU possuir alta eficiência, esta deve ter um elevado grau de pertinência em relação à fronteira otimista e baixo grau em relação à fronteira pessimista. Dessa forma, todas as variáveis são levadas em conta no índice final. Assim, não basta a DMU ter bom desempenho naquilo em que ela é melhor: também não pode ter um mau desempenho no critério em que for pior. Isso é conseguido sem a atribuição de nenhum peso subjetivo a qualquer critério. (Soares de Mello et al., 2003)

A eficiência composta é o resultado da análise da DMU pela fronteira padrão e invertida. O resultado é obtido através da média aritmética entre a eficiência padrão e o valor obtido da subtração da eficiência invertida pela unidade:

$$\text{Eficiência Composta} = \text{Eficiência Padrão} + (1 - \text{Eficiência Invertida}) / 2 \quad (5)$$

A eficiência composta normalizada (Composta *) é obtida dividindo o valor da eficiência composta pelo maior valor entre todos os valores de eficiência composta.

$$\text{Eficiência Composta } * = \text{Eficiência Composta} / \text{Max (Eficiência Composta)} \quad (6)$$

No caso anterior:

$$\text{Eficiência Composta } * = \text{Eficiência Composta} / 0,70483 \quad (7)$$

5. CONCLUSÕES

A aplicação do DEA possibilitou analisar a eficiência relativa das soluções de transmissão de dados. A análise realizada permitiu observar que apenas o modelo DEA CCR clássico foi insuficiente para determinar a escolha da tecnologia, sendo necessária à utilização de técnicas avançadas como a análise da fronteira invertida.

O modelo DEA de fronteira invertida, também chamado de dupla envoltória, empregado neste artigo mostrou-se útil na melhoria da discriminação entre DMUs eficientes. Este modelo impede que uma DMU seja avaliada apenas pelos seus resultados mais favoráveis, minimiza o problema de excesso de pesos zero dos modelos DEA clássicos (Soares de Mello et al., 2003).

Além disso, o uso destas técnicas permitiu o desempate entre as DMUs que obtiveram eficiência de 100%. Embora todas elas possam ser consideradas referências para as unidades ineficientes (Gomes et al., 2003), os múltiplos empates prejudicam a escolha da melhor alternativa de investimento.

A utilização do DEA como ferramenta de apoio à decisão de novos investimentos em tecnologia da informação mostrou-se bastante promissora, pois permitiu a avaliação de diversas alternativas de investimento levando em consideração tanto fatores financeiros, como fatores operacionais, técnicos e, fatores intangíveis como a satisfação dos clientes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO MEZA, L., BIONDI NETO, L., SOARES DE MELLO, J.C.C.B., GOMES, E.G. & COELHO, P.H.G. (2003). *SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão: Uma Implementação Computacional de Modelos de Análise Envoltória de Dados*. . *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção*, 3 (20). Disponível em: < <http://www.producao.uff.br/rpep/revista32003.htm>>.

ANGULO MEZA, L.; GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; BIONDI NETO, L. *Fronteira DEA de dupla envoltória no estudo da evolução da ponte aérea Rio- São Paulo*. In: XVII ANPET - CONGRESSO DE ENSINO E PESQUISA EM TRANSPORTES, Rio de Janeiro. Anais do XVII ANPET. 2003.

DRUCKER, P.F. (2001) *A Decisão Eficaz em Tomada de Decisão*. Harvard Business Review, Editora Campus, São Paulo.

ENTANI, T., MAEDA, Y. & TANAKA, H. (2002). *Dual Models of Interval DEA and its extensions to interval data*. *European Journal of Operational Research*, 136, 32-45.

GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; BIONDI NETO, L. (2003) *Avaliação de Eficiência por Análise de Envoltória de Dados: Conceitos, Aplicações à Agricultura e Integração com Sistemas de Informação Geográfica* - Embrapa.

GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; ASSIS, A.S.; MORAIS, D.; CARDOSO DE OLIVEIRA, N.A. (2003). *Uma Medida de Eficiência em Segurança Pública*. *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção*, 3 (7). Disponível em: < <http://www.producao.uff.br/rpep/revista32003.htm>>.

LINS, M.P.E. & ANGULO-MEZA, L. (2000). *Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão*. Editora da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

NOVAES, L.F.L. (2002). *Envoltória Sob Dupla ótica aplicada na avaliação imobiliária em ambiente do sistema de informação geográfica*. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia de Produção, UFRJ, Rio de Janeiro, Dezembro.

SCHEEL, H. (2001). *Undesirable outputs in efficiency evaluations*. European Journal of Operational Research, 132, 400-410.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B., GOMES, E.G., ANGULO-MEZA, L. & BIONDI NETO, L. (2003). *Índice de eficiência em fronteiras DEA nebulosas*. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção, 2 (14). Disponível em: <<http://www.producao.uff.br/rpep/revista12003.htm>>.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, M.H.C.; LINS, M.P.E. *Método Multicritério para Seleção de Variáveis em modelos DEA*. Revista Pesquisa Naval, v.15, p. 55-66, 2002.