



Decisão de Investimentos em TI: uma análise de eficiência na aquisição de impressoras utilizando Análise Envoltória de Dados (DEA)

Ruthberg dos Santos (PPGEN/NEGEN/UFRuralRJ) – berg@ufrj.br

Marcelo Alvaro da Silva Macedo (PPGEN/NEGEN/UFRuralRJ) – alvaro@ufrj.br

Marcos Azevedo Benac (PPGEN/NEGEN/UFRuralRJ) – benac@ufrj.br

A globalização da economia e a abertura de mercados vêm alterando o perfil da atividade das empresas, que cada vez mais precisam encontrar formas de se adaptarem aos novos tempos. Desta forma, o mundo atual impõe às empresas uma busca pela vantagem comparativa a ser percebida pelos clientes. Existem ferramentas que podem auxiliar os clientes na busca por alternativas de compra que sejam mais eficientes, ou seja, que tenham uma melhor relação custo x benefício. Neste sentido, este trabalho procura desenvolver uma técnica com capacidade de comparar a eficiência de múltiplas alternativas de um mesmo produto, conciliando atributos técnicos e preço destas. A técnica utilizada no desenvolvimento da metodologia apresentada neste trabalho é a Análise Envoltória de Dados (DEA), que contabiliza explicitamente o mix de fatores que devem ser minimizados (preço) e fatores que devem ser maximizados (características técnicas como custo por página impressa, velocidade de impressão e resolução). Então, o método DEA pode ser utilizado para comparar um grupo de “unidades” a fim de identificar as unidades relativamente eficientes e outras ineficientes, medindo a magnitude das ineficiências, e, pela comparação das unidades ineficientes com as eficientes, descobrir formas para reduzir as ineficiências (redução do preço). Em síntese, dado as características dos itens disponíveis no mercado existe um preço ótimo para cada combinação disponível de atributos técnicos. O objetivo deste trabalho é, então, propor uma maneira sistemática de efetuar uma avaliação das alternativas de compra em impressoras.

Palavras-chave: investimentos em TI, análise envoltória de dados, decisão de compra eficiente, hardware, eficiência.

1. Introdução

Segundo Churchill Jr e Peter (2000) o processo de decisão de compra envolve vários estágios desde o reconhecimento da necessidade até a decisão de compra em si e o comportamento pós-compra. De posse das informações necessárias para analisar o problema da decisão de compra, o consumidor parte para a avaliação de alternativas.

Kotler (2000) diz que não existe um único e verdadeiro processo de avaliação de alternativas de compra. Os modelos atuais tratam este processo como sendo cognitivamente orientado, ou seja, consideram que os consumidores formam julgamentos principalmente em uma base racional e consciente.

Ainda para Kotler (2000), em um processo de decisão de compra, o consumidor está tentando satisfazer uma necessidade, buscando certos benefícios no conjunto de atributos com capacidades variadas de gerar benefícios e satisfazer suas necessidades.

O problema está exatamente neste ponto. Em outras palavras, como considerar explicitamente a relação custo x benefício dos atributos analisados de forma a obter uma

decisão que seja eficiente. É neste sentido que este trabalho procura contribuir com o desenvolvimento de uma metodologia que consiga, de maneira sistemática e racional, considerar vários atributos, técnicos e financeiros, na busca por uma decisão de compra ótima.

Neste sentido, de acordo com Macedo *et al* (2004a), desenvolveu-se uma técnica com capacidade de comparar a eficiência de múltiplas unidades mediante a consideração explícita de fatores de custo (*inputs*) na busca por benefícios (*outputs*). Esta técnica é denominada de Análise Envoltória de Dados (DEA), e pode ser utilizada para comparar um grupo de itens para saber quais, dentre estes, possuem a melhor relação custo x benefício, em termos relativos, medindo a magnitude das ineficiências e descobrindo formas para reduzi-las pela comparação destas com as eficientes (benchmarking).

Ainda segundo os autores, a resposta mais importante desta metodologia é a caracterização de uma medida de eficiência, que faz com que a decisão fique orientada por um único indicador construído a partir de várias abordagens de desempenho diferentes (medidas financeiras e técnicas). Vale ressaltar que isso facilita em muito o processo decisório, pois ao invés de considerar várias variáveis para concluir a respeito do que fazer, o comprador se utiliza apenas da medida de eficiência do DEA, que é capaz de sintetizar todas as características do produto sob análise.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo aplicar uma metodologia baseada em DEA para analisar um conjunto de impressoras de várias marcas e modelos obtidas em uma listagem da Revista InfoExame (2004). Para isso, utiliza-se informações relativas ao preço de aquisição, preço do cartucho, capacidade do cartucho e velocidade de impressão. De posse do preço do cartucho e de sua capacidade de impressão, obtidos respectivamente do site Bondfaro e dos sites dos fabricantes, calculou-se o custo da impressão por página. Assim sendo a análise as impressoras sob a ótica do preço de aquisição da impressora (*input* 01), do custo de impressão por página (*input* 02) e da velocidade de impressão (*output* 01). Será melhor a impressora que obtiver uma relação custo x benefício que ofereça os menores custo por página e preço de aquisição e maior velocidade.

2. Investimentos em Tecnologia da Informação (TI)

Pimenta *et al* (2003) relatam que durante algum tempo, a tecnologia da informação (TI) foi considerada 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 contribuir para enriquecer todo o processo organizacional, otimizando atividades e reduzindo custos.

Segundo Rezende (2003), de uma forma ou de outra, as mudanças tecnológicas nas empresas devem ser acompanhadas e relacionadas com sua filosofia organizacional e integradas as suas estratégias. Isto porque o desenvolvimento da TI nas organizações envolve investimentos em recursos tecnológicos e computacionais para guarda, geração e uso da informação. Cabe ressaltar, ainda de acordo com o autor, que o fundamental mesmo é o uso que se faz destes recursos que compreende desde a gestão de dados e informações, níveis de acesso e controle até a guarda, recuperação e um completo plano de restauração e segurança de dados e informações.

Para Graeml (1998), os investimentos em TI devem ser vistos sob a ótica de benefícios atrelados à estratégia da empresa e que não necessariamente ocorrem rapidamente, o que chama a atenção para as grandes somas envolvidas e o impacto total que se pretende obter sobre o desempenho futuro da empresa. Neste sentido, deve-se priorizar o potencial estratégico do investimento em TI onde o uso da tecnologia esteja vinculada aos objetivos do negócio e às metas estratégicas da empresa.

Frontini e Laurindo (2002) dizem que a cada dia os investimentos em TI são questionados sobre os resultados efetivos que eles proporcionam aos negócios. Em consequência, os decisores têm ficado cada vez mais conservadores em relação aos projetos de investimentos em TI.

Ainda segundo os autores, o cerne da questão envolve, então, o paradoxo da produtividade e as decisões de investimentos futuros em TI. O paradoxo da produtividade, questiona os impactos dos investimentos de TI na produtividade das empresas, enquanto os investimentos em tecnologia tem se tornado cada vez mais complicados de serem feitos, pois cada vez mais, esta é encarada como um diferencial competitivo em ambientes de elevada incerteza no processo decisório e como elemento de transformação das organizações.

Um grande problema consiste, de acordo com Pimenta *et al* (2003), em conseguir avaliar corretamente quais são os impactos dos investimentos em infra-estrutura de TI nos negócios da empresa. O desafio, então, é definir os retornos esperados de modo a maximizar a relação custo x benefício e minimizar os riscos dos investimentos.

De acordo com Graeml (1998), o valor da tecnologia da informação está na forma como a empresa usa seus recursos de TI, isto sim, gera a diferença e também a necessidade da organização estar avaliando os investimentos nesta área. A análise e avaliação da eficiência no uso da TI e da eficácia destes recursos fornecem ao administrador, quando bem elaboradas e integradas ao modelo de negócio da empresa, uma visão mais completa da contribuição destes investimentos para competitividade da organização, dentro do quadro de incertezas em que estas decisões normalmente precisam ser tomadas.

Investir em TI ainda é polêmico, ressalta o autor, mas o caminho parece apontar que o valor gerado por estes investimentos estará atrelado ao alinhamento destes com os objetivos estratégicos de longo prazo da organização, onde a competição passará a ser determinada pelo ambiente, não em termos de custo e qualidade (requisitos mínimos), mas em relação à flexibilidade e à inovação, que despontam como as novas fontes de diferenciação da organização.

Maçada *et al* (2005) dizem que as empresas têm procurado, através de investimentos em TI, implementar estratégias que buscam vantagens competitivas. Isto se deve ao fato de que existe uma demanda crescente dos clientes por serviços com maior conforto, segurança e agilidade.

Maçada e Becker (1999) relatam que alguns estudos não encontram evidências empíricas de que os investimentos em TI têm melhorado as posições competitivas das organizações, nem gerado ganhos de produtividade e lucratividade nos mais variados setores da economia americana. Porém em outros, se observa uma relação positiva e clara entre investimentos em TI e performance.

Segundo Pimenta *et al* (2003), para que um sistema de informação possa agregar valor à organização, é crucial que a mesma faça uma avaliação no que tange suas necessidades quanto à carga de trabalho, desempenho, confiança, disponibilidade, escalabilidade e acessibilidade. Dentre as soluções tecnológicas que atendam as necessidades com relação a estes atributos, é preciso determinar qual aquela que consegue gerar a melhor relação custo x benefício.

Neste sentido, os autores em seu trabalho, apresentam uma modelagem para decisão de novos investimentos em TI com o uso de DEA. O objetivo é comparar as diferentes opções de investimentos, construindo um modelo para analisar a eficiência das alternativas, considerando explicitamente como *inputs* e *outputs* os riscos, custos e benefícios reais dos investimentos a serem realizados.

Conforme já abordado na introdução, este trabalho está inserido no contexto anterior, pois procura abordar a questão da decisão de investimentos em TI, mesmo que de forma preliminar, enfocando decisões de compra de hardware (impressoras). Apesar deste talvez não

ser o foco mais difícil nas decisões de investimento em TI, parece que a necessidade de uma forma sistemática de suportar estas decisões é premente.

3. Análise de Impressoras

Impressoras são dispositivos de saída de um sistema computacional. Basicamente as impressoras transformam dados eletrônicos, salvos ou não no computador, em material impresso.

Preços, tecnologia usada na máquina, custos de manutenção e suprimentos são fatores importantes na hora de decidir a aquisição, mas o que realmente deve pesar para a escolha é o tipo de aplicação, porque, mesmo entre usuários domésticos, não há homogeneidade em uso do equipamento.

Se a forma de uso for a mais simples, de impressão de trabalhos escolares ou relatórios profissionais em baixa escala, os modelos jato de tinta atendem bem, sem gastar muito. Porém, deixando o quesito qualidade de impressão e apenas analisando o uso (se este passa por grandes números de páginas a serem impressas ou necessidade de rapidez na impressão), modelos como as laser ou matriciais são mais adequados.

Atualmente, as impressoras jato de tinta são capazes de imprimir documentos com excepcional qualidade, com imagens de cor real e a velocidades muito elevadas. Em alguns modelos de maior capacidade pode atingir as 30 páginas impressas por minuto.

Possuem um ciclo de operação de aproximadamente 10 mil páginas, numa escala de 500 páginas por mês. Seu perfil, portanto, é pessoal e não para o uso profissional. Muitas têm qualidade fotográfica, com capacidade de impressão de cartucho único ou não, e indicadores do nível de tinta. Atingem velocidades de, em média, até 15 páginas por minuto (ppm) em preto e de até 10 ppm em cores.

Como os usuários desse tipo de impressora exigem qualidade, mas não demandam uma resolução altíssima, de padrão profissional, são plenamente atendidos com as resoluções disponíveis, tanto em preto quanto em qualidade fotográfica.

Imprimir fotografias com qualidade profissional têm sido, aliás, uma das preocupações principais de diversos fabricantes na evolução de suas impressoras. Por isso, quem possui câmera fotográfica digital e busca uma qualidade melhor da impressão de suas fotos, e de preferência de forma ágil, deve levar em consideração a tecnologia de jato de tinta utilizada pelas impressoras na hora de comprar o equipamento.

Impressoras jato de tinta atendem plenamente o uso doméstico e também a escritórios de pequeno e médio porte.

Já as impressoras a laser são indicadas para usuários que necessitam de grandes números de impressões e de alta qualidade de impressão. Esta representa um equilíbrio ideal para profissionais da área de imagem, como publicitários, designers e da área de marketing e, em escritórios onde há muitas impressões de relatórios, processos e estudos.

Embora tenha custo mais alto de aquisição da máquina e de seus suprimentos, na média, o custo unitário de impressão tende a ser menor e, ao mesmo tempo, com qualidade mais alta.

Os especialistas sempre lembram que a questão da recarga das impressoras é um dilema, principalmente por conta da evolução das impressoras jato de tinta, que já se aproximam em muito das impressoras a laser.

Em média, uma impressora monocromática a laser tem durabilidade aproximada de 2,5 mil páginas com 5% de cobertura do papel. Pode atingir impressão de até 20 ppm e resoluções superiores às impressoras jato de tinta mais modernas.

As Impressoras Matriciais são as mais antigas, mas nem por isso menos importante. Estas também são fundamentais para o uso comercial. Isso porque, diferentemente das

impressoras a laser e a jato de tinta, apenas as matriciais podem imprimir formulários multi-vias (cópias carbonadas ou vias de papel com tratamento químico).

Estas impressoras imprimem caracteres e ilustrações por meio do acionamento de pinos (ou agulhas) sobre uma fita com tinta, e essa, sobre o papel. Como são voltadas ao uso comercial, tendem a ter valor de mercado um pouco mais elevado. Porém, são ideais para aplicações em departamentos financeiros, vendas por atacado ou varejo, ou até mesmo em depósitos e fábricas. Imprimem notas fiscais ou outros formulários em até 6 vias.

A vida útil chega a mais de 200 milhões de caracteres. Existem modelos projetados para trabalhar em ambientes exigentes como balcões de venda de varejo, instalações médicas, lojas, aluguel de carros e oficinas, balcões de companhias aéreas, departamentos financeiros e sites de manufatura.

De acordo com Torres (2004), o tipo de impressora é definitivamente relevante ao se analisar as impressões. Contudo, é necessário observar alguns itens específicos: o número de páginas que se pretende imprimir por mês, o tipo de uso a que se destina a impressora e, a qualidade do material a ser impresso.

Toda impressora possui uma autonomia de um determinado número de páginas impressas por mês. Esse valor pode ser visto no manual da impressora ou então nas especificações da impressora. Impressão de um número de páginas maior que o comportado pela impressora, leva a redução de sua vida útil.

A velocidade de impressão do equipamento é dada em caracteres por segundo (CPS) ou em páginas por minuto (PPM), dependendo do fabricante. Cada página por minuto equivale a 80 caracteres por segundo e é necessário saber essa relação para poder comparar impressoras de marcas diferentes. Dessa forma, uma impressora que imprima 4 páginas por minuto imprime, na verdade, 320 CPS. (Torres, 2004)

É muito comum considerar a velocidade em CPS quando nos estamos a referir a uma "impressora de linha", ou seja, a impressão é executada linha-a-linha sobre a folha de papel (por exemplo, uma impressora matricial ou de agulhas). A velocidade de impressão nestas impressoras varia, normalmente, entre os 50 e os 300 cps, embora, algumas impressoras mais avançadas possam atingir os 800 caracteres por segundo.

Normalmente, é utilizada a designação PPM quando nos estamos a referir a uma "impressora de página", em que é processada uma página de cada vez (por exemplo, uma impressora a laser). (Enter-Net, 2004)

Ainda segundo a Enter-Net, a resolução de impressão simboliza o número máximo de pontos por polegada na impressão de um documento. É usual usar a denominação em inglês, ou seja, *dots per inch* (DPI). Quanto maior for o número de dpi, melhor será a qualidade do documento. Por outro lado, uma maior qualidade implica também um tempo de impressão mais demorado.

A maioria das impressoras jato de tinta atingem resolução de 300 DPI, que é suficiente para usuários comuns que pretendem imprimir somente texto e gráficos de uso amador. Entretanto, se o objetivo é imprimir gráficos, fotos e figuras com alta qualidade, essa resolução é baixa. Impressoras jato de tinta de melhor qualidade atingem resoluções mais altas. Algumas atingem até 720 DPI, mas é necessária instalação de cartuchos especiais, chamados fotográficos. Alguns modelos mais modernos atingem resoluções da ordem dos 3000 pontos por polegadas. (Torres, 2004)

Um ponto que deve ser levado em conta é o papel a ser utilizado na impressora. O uso de papel inadequado nas impressões acima de 300 DPI, tende a resultados insatisfatórios com grande perda de qualidade.

4. Análise Envoltória de Dados (DEA)

De acordo com Bronson (1985), a Pesquisa Operacional (PO) diz respeito à alocação eficiente de recursos escassos como capital, pessoal, etc.; que são importantes para a tomada de decisão, pois congrega diversas técnicas da modelagem matemática, que se consagraram devido a sua grande utilidade na solução de problemas de otimização. Os principais modelos de PO são denominados de Programação Matemática e constituem uma das mais importantes variedades de modelos quantitativos. Um problema de Programação Matemática é um problema de otimização no qual o objetivo e as restrições são expressas como funções matemáticas e relações funcionais. Um dos métodos mais importantes de Programação Matemática é a Programação Linear, que é um tipo especial de modelo de otimização.

Segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000), a Programação Linear (PL) é uma ferramenta de modelagem para tomadas de decisão associadas à alocação de recursos que transcendem todos os aspectos de gerenciamento. Esta se refere ao planejamento que utiliza modelos matemáticos que consistem em expressões lineares. Este é o modelo básico para a compreensão de todos os outros. Um modelo é um veículo para uma visão bem estruturada da realidade, ou seja, é uma abstração seletiva da realidade. A modelagem seleciona as características da realidade mais importantes para o problema de interesse. Sendo assim, a Programação Matemática é fortemente direcionada ao apoio da tomada de decisão no gerenciamento de sistemas de grande porte, principalmente no tratamento de variáveis quantificadas. No que diz respeito à tomada de decisão, como o nome mesmo já diz, é o ato de selecionar, dentre várias decisões possíveis, a mais adequada para o alcance de certo objetivo.

Ainda conforme Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000), modelos de programação linear (PL) são uma classe especial de modelos de otimização. Para que um determinado sistema possa ser representado por meio de um modelo PL, todas as relações entre variáveis são expressas com funções lineares e todos os modelos de PL possuem a seguinte forma algébrica:

$$\begin{aligned}
 & \text{Maximize (ou Minimize):} && c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \\
 & \text{Sujeito a (S.a.):} && a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_1 \\
 & && a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_2 \\
 & && \vdots \\
 & && \vdots \\
 & && a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_m
 \end{aligned}$$

e às restrições de não-negatividade

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0.$$

Esta estrutura de problema, de acordo com Goldberg e Luna (2000), contém as seguintes características:

- Variáveis de Decisão: as variáveis x_1, x_2, \dots, x_n são denominadas variáveis de decisão, as quais assumem valores reais maiores ou iguais a zero.
- Função Objetivo: a função $c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$ é denominada função objetivo, a qual pode ser maximizada (por exemplo, lucros) ou minimizada (por exemplo, custos), isso vai depender da natureza dos coeficientes c_1, c_2, \dots, c_n , onde esta função deve ser maior ou menor possível, atendendo às seguintes restrições do sistema.

- Restrições: quando valores numéricos são designados para as variáveis de decisão x_1, x_2, \dots, x_n para influenciar a função objetivo, estes valores também influenciam as restrições. Os modelos requerem que os valores numéricos sejam tais que não violem nenhuma restrição. O conjunto dos números b_1, b_2, \dots, b_n é denominado lado direito da inequação, (RHS - Right-Hand Sides) que limitam indiretamente os possíveis valores das variáveis de decisão.
- Parâmetros: os coeficientes na função objetivo e os valores RHS são parâmetros. Os parâmetros são entidades cujo valor permanece fixo durante a resolução do problema, entretanto pode ser mudado depois.
- Constantes: os coeficientes $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}$ representam o consumo do primeiro recurso RHS por unidade de cada variável de decisão, que refletem uma taxa constante de utilização do recurso.

Portanto, segundo Goldbarg e Luna (2000), o modelo de Programação Linear reduz um sistema real a um conjunto de equações ou inequações onde pretendemos otimizar uma função objetivo. O que foi dito até aqui, é que existem métodos aritméticos simples capazes de maximizar (ou minimizar) funções lineares sujeitas a restrições em forma de desigualdades lineares. Porém, existem métodos para resolver problemas mais complexos que exigem soluções inteiras ou que envolvem funções não-lineares ou restrições aleatórias.

Macedo (2004) diz que a Análise Envoltória de Dados (DEA) envolve o uso de métodos de programação linear para construir uma fronteira não-paramétrica sobre os dados, onde medidas de eficiência são calculadas em relação a sua fronteira.

Segundo Zhu (2000) a Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica baseada em programação linear projetada para estabelecer uma medida de eficiência relativa entre diferentes entidades de um gênero comum. Ainda para o autor, a medida de eficiência DEA contabiliza explicitamente o *mix* de entradas e saídas.

Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000) colocam que a Análise Envoltória de Dados é um modelo de programação linear que procura maximizar a eficiência de uma unidade, expressa como a razão entre saídas e entradas, pela comparação da eficiência de uma unidade em particular com o desempenho de um grupo de unidades similares. Os autores expõem que no processo, algumas unidades atingem 100% de eficiência e são referidas como unidades relativamente eficientes, enquanto outras unidades, com índices de eficiência menores do que 100%, são referidas como unidades ineficientes.

A Análise Envoltória de Dados (DEA), segundo Zhu (2000), representa uma das mais adequadas ferramentas para avaliar a eficiência, em comparação com ferramentas convencionais. Os resultados de DEA são mais detalhados do que os obtidos em outras abordagens, servindo melhor ao embasamento de recomendações de natureza gerencial. Sendo assim, os autores destacam as seguintes características desta ferramenta:

- Não requer, *a priori*, uma função de produção explícita;
- Examina a possibilidade de diferentes, mas igualmente eficientes, combinações de *inputs* e *outputs*;
- Localiza a fronteira eficiente dentro de um grupo analisado e as unidades incluídas e
- Determina, para cada unidade ineficiente, subgrupos de unidades eficientes, os quais formam seu conjunto de referência.

De acordo com Pereira (1995), a Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica de Pesquisa Operacional, que tem como base a Programação Linear, e cujo objetivo é analisar comparativamente unidades independentes (empresas, departamentos, etc) no que se refere ao seu desempenho. Ela fornece uma medida para avaliar a eficiência relativa das unidades de tomada de decisão (DMUs - Decision Making Units), que são as unidades cuja eficiência está

sendo avaliada. Cada DMU é representada por um conjunto de S *outputs* e um conjunto M de *inputs*. A idéia básica é a comparação dos *outputs* com os *inputs*.

DEA é uma técnica, de acordo com Macedo *et al* (2004a), com a capacidade de comparar a eficiência de múltiplas unidades mediante a consideração explícita do uso de suas múltiplas entradas na “produção” de múltiplas saídas. A técnica referida, de acordo com os autores, evita a necessidade de desenvolver “indicador-padrão”, pois ela pode incorporar múltiplas entradas e saídas, tanto no numerador como no denominador do cálculo da eficiência, sem a necessidade de conversão para uma base comum.

Lins e Meza (2000) colocam que a abordagem analítica rigorosa aplicada à medida de eficiência é tal que, nenhum dos *outputs* pode ser aumentado sem que algum outro *output* seja reduzido ou que algum *input* necessite ser aumentado; e nenhum dos *inputs* possa ser reduzido sem que algum outro *input* seja aumentado ou algum *output* seja reduzido.

Charnes *et al* (1994) ressaltam a necessidade de tratar esta abordagem com um conceito relativo: a eficiência de 100% é atingida por uma unidade quando comparações com outras unidades relevantes não provêm evidência de ineficiência no uso de qualquer *input* ou *output*. Segundo os autores, esta abordagem permite diferenciar entre estados de produção eficientes e ineficientes, mas não permite medir o grau de ineficiência de um vetor ou identificar um vetor, ou ainda, uma combinação de vetores eficientes com os quais comparar um vetor ineficiente. Os modelos de programação matemática provêm uma maneira elegante de, simultaneamente, construir a fronteira para um dado conjunto de unidades analisadas e calcular a distância da fronteira a cada uma das observações individuais.

De acordo com Macedo *et al* (2004b), algumas características do método DEA podem ser destacadas, como: pelo modelo não há necessidade de converter todas as entradas e saídas em valores monetários; os quocientes de eficiência são baseados em dados reais; é uma alternativa e um complemento aos métodos da análise da tendência central e análise custos benefício; considera a possibilidade de que as unidades eficientes não representem apenas desvios em relação ao comportamento médio, mas possíveis benchmarks a serem estudados pelas demais unidades; e, ao contrário das abordagens de medidas tradicionais, DEA otimiza cada observação individual com o objetivo de determinar uma fronteira linear por partes que compreende o conjunto de unidades eficientes; é um método para apoio à tomada de decisão de natureza multicritério e, portanto, capaz de modelar a complexidade do mundo real.

Macedo (2004) diz que a Análise Envoltória de Dados é uma técnica considerada relativamente nova, porém este método vem se difundindo de forma bastante veloz. Esta metodologia é constituída de quatro modelos básicos, dos quais nos aprofundaremos nos dois mais importantes.

São várias as formulações dos modelos de DEA encontradas na literatura, conforme diz Bandin (1995), entretanto dois modelos básicos DEA são geralmente usados nas aplicações. O primeiro modelo chamado de CCR (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978), também conhecido como CRS (Constant Returns to Scale), avalia a eficiência total, identifica as DMUs eficientes e ineficientes e determina a que distância da fronteira de eficiência estão as unidades ineficientes. O segundo chamado de modelo BCC (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984), também conhecido como VRS (Variable Returns to Scale), utiliza uma formulação que permite a projeção de cada DMU ineficiente sobre a superfície de fronteira (envoltória) determinada pelas DMUs eficientes de tamanho compatível.

No caso das formulações, além das da escolha entre CRS e VRS (neste estudo estaremos trabalhando com a formulação DEA-CRS), existe a necessidade de fixação da ótica de análise (orientação *input* ou orientação *output*).

Segundo Macedo *et al* (2004a), alguns analistas tendem a selecionar modelos com orientação *input* porque, em muitos casos, tem-se *outputs* estabelecidos para se alcançar e, portanto, as “quantidades” de *inputs* apresentam-se como variáveis de decisão primária.

Porém, existem outras situações em que se poderia ter uma quantidade fixa de *inputs* (inalterados) e poder-se-ia estar procurando como “produzir” mais *outputs*. Neste caso, uma orientação *output* poderia ser mais apropriada, onde o objetivo é maximizar os “produtos” obtidos sem alterar o nível atual dos *inputs*.

Segundo Macedo et al (2004b), o termo DMU (Decision Making Unit) será definido como uma organização, departamento, divisão ou unidade administrativa, ou até um item (como no caso deste trabalho) cuja eficiência está sendo avaliada. Ainda segundo os autores, o conjunto de DMU's adotado em uma análise DEA deve ter em comum a utilização das mesmas entradas e saídas, ser homogêneo e ter autonomia na tomada de decisões. Em relação às variáveis, cada uma destas deve operar na mesma unidade de medida em todas as DMU's, mas pode estar em unidades diferentes das outras.

De acordo com Coelli et al (1998), Charnes, Cooper e Rhodes (1978) propuseram um modelo que tinha uma orientação *input* e assumia retornos constantes de escala (CRS). Artigos subseqüentes têm considerado várias alternativas, dentre elas as de Banker, Charnes e Cooper (1984), em que o modelo de retorno variável de escala (VRS) foi proposto.

Segundo Charnes et al (1994), para generalizarmos o modelo DEA CRS/ótica primal, definiremos algumas notações:

- Faça E_k , com $k = 1, \dots, n$ DMUs, onde n é o número total de unidades que estão sendo avaliadas, ser a razão de eficiência da unidade k , definida como a relação dos *outputs* sobre os *inputs*.
- Faça u_j , com $j = 1, \dots, s$ *outputs* de cada DMU, ser um coeficiente de saída para j , onde s é o número total de tipos de saídas sendo considerados. A variável u_j é a medida da diminuição relativa na eficiência com cada unidade de redução do valor de saída.
- Faça v_i , com $i = 1, \dots, m$ *inputs* de cada DMU, ser um coeficiente de entrada para i , onde m é o número total de tipos de entrada. A variável v_i mede o aumento relativo na eficiência com cada redução unitária do valor de entrada.
- Faça y_{jk} ser o número observado de unidades de saída j , geradas pela unidade de serviço k durante um período de tempo.
- Faça x_{ik} ser o número real de unidades de entrada i , utilizadas pelas unidades de serviços k durante um período de tempo.

Assim, segundo Coelli et al (1998), um caminho intuitivo para introduzir DEA é por meio de forma de razão. Para cada DMU, gostaríamos de obter uma medida de razão de todos os *outputs* sobre todos os *inputs*, ou seja, os pesos ótimos u_j e v_i são obtidos pela resolução do problema de programação matemática (PPL):

$$\begin{aligned}
 \text{Max } E_c &= \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jc}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ic}} \\
 \text{S.a.:} & \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \leq 1, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\
 & u_j \geq 0, \quad \forall j, \\
 & v_i \geq 0, \quad \forall i
 \end{aligned}$$

Neste modelo c é a unidade (DMU) que está sendo avaliada. O problema acima envolve a procura de valores para \underline{u} e \underline{v} , que são os pesos, de modo que maximize a soma ponderada dos *outputs* (*output* “virtual”) dividida pela soma ponderada dos *inputs* (*input* “virtual”) da DMU em estudo, sujeita à restrição de que esse quociente seja menor ou igual a 1, para todas as DMUs. Esta função está sujeita à restrição de que, quando o mesmo conjunto de coeficientes de entrada e saída (os vários v_i e u_j) for aplicado a todas as outras unidades de serviços que estão sendo comparadas, nenhuma unidade excederá 100% de eficiência ou uma razão de 1,00.

De acordo com Macedo (2004), o PPL acima apresentado tem orientação *input* (I) que procurara identificar ineficiência como uma redução proporcional em *inputs* usados, com níveis dados de *output*. Uma orientação *output* teria como o objetivo obter o máximo de *outputs* com os *inputs* dados. O modelo para este propósito se obtém invertendo o quociente do modelo apresentado inicialmente, na qual obtemos:

$$\begin{aligned} \text{Min } & \frac{\sum v_i x_{ic}}{\sum u_j y_{jc}} \\ \text{S.a.: } & \frac{\sum v_i x_{ik}}{\sum u_j y_{jk}} \geq 1, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\ & u_j, v_i \geq 0, \quad \forall x, y \end{aligned}$$

Assim, a eficiência pela ótica dos *outputs* é calculada pelo inverso da função objetivo, ou seja, eficiência = $1/E_c$. Este problema define a relação dos *inputs* sobre os *outputs*, onde c é o índice da unidade que está sendo avaliada.

O modelo original CCR, também conhecido como CRS (Constant Returns to Scale) segundo a ótica dos multiplicadores, pode ter um índice de eficiência definido, então, como a combinação linear dos *outputs* dividida pela combinação linear dos *inputs* de determinada DMU. Porém, um problema como este, de formulação fracionária, possui infinitas soluções ótimas. Para evitar isto, ainda segundo Coelli *et al* (1998), uma possível imposição seria $\sum v_i x_{ic} = 1$, pois, além disto, queremos linearizar as restrições do problema, de modo a transformá-lo em um Problema de Programação Linear (PPL). Então introduzindo a transformação linear desenvolvida por Charnes e Cooper (1962) obtemos:

$$\begin{aligned} \text{Max } E_c &= \sum_{j=1}^s u_j y_{jc} \\ \text{S.a.: } & \sum_{i=1}^m v_i x_{ic} = 1 \\ & \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\ & u_j, v_i \geq 0, \quad \forall x, y. \end{aligned}$$

Esta forma do problema é conhecida como problema dos multiplicadores, como também são chamados os pesos, u_j e v_i . Denotamos este PPL por CRS/M/I.

Macedo *et al* (2004a) dizem que quanto maior a relação $\sum \text{outputs} / \sum \text{inputs}$ maior a eficiência. Para cada DMU a ser analisada, formula-se um problema de otimização com o objetivo de determinar os valores que esta DMU atribuiria aos multiplicadores u e v de modo a aparecer com a maior eficiência possível.

Então, complementam os autores, o problema consiste em achar os valores das variáveis u_j e v_i , que são os pesos (importância relativa de cada variável), de modo que se maximize a soma ponderada dos *outputs* (*output* “virtual”) dividida pela soma ponderada dos *inputs* (*inputs* “virtual”) da DMU em estudo, sujeita na restrição de que esse quociente seja menor ou igual a 1, para todas as DMUs. Logo as eficiências variam de 0 a 1.

Este modelo é utilizado para a análise dos dados, pois se tem um *output* e dois *inputs*. Teremos uma modelagem que procura obter maiores velocidades dado os custos de impressão por página e os preços de aquisição das impressoras consideradas na análise.

Lins e Meza (2000) apresentam uma implementação da metodologia DEA que, segundo eles, foi desenvolvida por Golany e Roll (1989), e que é utilizada largamente de maneira formal e intuitiva. Nessa metodologia são estabelecidas três fases.

A primeira visa a determinação do conjunto de DMUs homogêneas a serem avaliadas, ou seja, define e seleciona DMUs que entrarão na análise. Cabe salientar, de acordo com Lins e Meza (2000), que uma vez definidas as DMUs, estas devem ser, no mínimo, o dobro do número de variáveis utilizadas no modelo. Esta é uma preocupação de ir melhorar a capacidade do modelo de discriminar unidades eficientes e não eficientes.

A segunda fase seleciona as variáveis (*input* e *output*), considerando a princípio uma grande lista de possíveis variáveis a entrar no modelo. Estas variáveis podem ser controláveis ou não, quantitativas ou qualitativas. Macedo (2004) diz que vale a pena ressaltar que, a introdução de um grande número de variáveis reduz a capacidade do DEA de distinguir as DMUs eficientes das ineficientes e portanto, o modelo deve ser o mais compacto possível para maximizar seu poder discriminatório.

A terceira fase é a aplicação dos modelos DEA. De acordo com Macedo (2004) esta fase pressupõe, necessariamente, a escolha do modelo que envolve a decisão pela ótica de análise e pela formulação em termos de retornos de escala (constantes ou variáveis).

5. Apresentação e Análise dos Dados

Esta pesquisa pode ser caracterizada, de acordo com o exposto por Vergara (2004), como sendo descritiva e quantitativa, pois procura-se através da aplicação da análise envoltória de dados às informações dos itens buscados sobre impressoras, que fazem parte da amostra, expor características a respeito das melhores opções de compra.

O processo de amostragem é não probabilístico, pois parte-se de um universo naturalmente restrito, pois as impressoras foram escolhidas a partir das que constavam na lista extraída do site www.infoexame.com.br. Isso traz algumas limitações de inferência, mas não invalida os resultados da pesquisa, já que o objetivo é demonstrar a utilidade e a aplicabilidade de uma metodologia, e assim sendo, os dados analisados servem tão somente como uma exemplificação da utilidade da ferramenta ora proposta.

A pesquisa partiu dos 53 itens buscados no site da Revista InfoExame (2004). Através de uma análise sobre a busca, verificou-se a existência de 44 tipos diferentes de impressoras com os dados completos e necessários para o estudo, sendo 19 a laser e 25 jato de tinta, no que diz respeito aos atributos de velocidade (pág/min), preço de aquisição (R\$) e custo de impressão (R\$/pág). Cabe ressaltar que na listagem utilizada como base para esta pesquisa não estavam incluídas impressoras matriciais. O quadro 01 mostra as informações obtidas:

Quadro 01 – Dados das Impressoras Analisadas

DMUNº	Modelo	Velocidade (página/mínuto)	Preço de Aquisição (R\$)	Custo de Impressão (R\$/página)
Impressoras a Laser				
L01	Brother 7050N	30	R\$ 6.499,00	R\$ 0,038
L02	Brother HL 1850	19	R\$ 3.199,00	R\$ 0,082
L03	Brother HL-1230	12	R\$ 999,00	R\$ 0,100
L04	Brother HL-1450	15	R\$ 1.999,00	R\$ 0,100
L05	Brother HL-1470	15	R\$ 2.999,00	R\$ 0,100
L06	Canon LBP-3200	18	R\$ 1.299,00	R\$ 0,157
L07	Epson AcuLaser C900	16	R\$ 4.999,00	R\$ 0,062
L08	HP 1300N	20	R\$ 2.700,00	R\$ 0,122
L09	HP LaserJet 1000	10	R\$ 1.299,00	R\$ 0,109
L10	HP LaserJet 4200	35	R\$ 4.999,00	R\$ 0,058
L11	HP LaserJet 1010	12	R\$ 999,00	R\$ 0,153
L12	HP LaserJet 1015	15	R\$ 1.299,00	R\$ 0,153
L13	Lexmark E323	20	R\$ 1.900,00	R\$ 0,100
L14	Lexmark T630	35	R\$ 4.772,00	R\$ 0,099
L15	Lexmark e210	12	R\$ 699,00	R\$ 0,152
L16	OkiB4300	19	R\$ 1.499,00	R\$ 0,077
L17	OkiOkipage 14e	14	R\$ 999,00	R\$ 0,074
L18	OkiOkipage 8z	8	R\$ 699,00	R\$ 0,111
L19	Xerox Phaser3310	15	R\$ 2.327,00	R\$ 0,087
Impressoras Jato de Tinta				
JT01	Canon BJC-2100	5	R\$ 277,00	R\$ 0,136
JT02	Canon S200x	10	R\$ 249,00	R\$ 0,162
JT03	Canon S300	11	R\$ 489,00	R\$ 0,162
JT04	Canon S330	14	R\$ 299,00	R\$ 0,162
JT05	Canon i9100	6	R\$ 3.299,00	R\$ 0,187
JT06	Epson Stylus C43SX	12	R\$ 299,00	R\$ 0,224
JT07	Epson Stylus C62	14	R\$ 399,00	R\$ 0,213
JT08	Epson Stylus C63	17	R\$ 399,00	R\$ 0,153
JT09	Epson Stylus C82	22	R\$ 649,00	R\$ 0,118
JT10	Epson Stylus C83	22	R\$ 650,00	R\$ 0,213
JT11	Epson Stylus Photo 1280	9	R\$ 4.289,00	R\$ 0,200
JT12	Epson Stylus Photo 785EPX	9	R\$ 1.209,00	R\$ 0,200
JT13	HP DeskJet 3425	10	R\$ 299,00	R\$ 0,309
JT14	HP DeskJet 3550	14	R\$ 299,00	R\$ 0,309
JT15	HP DeskJet 3650	17	R\$ 499,00	R\$ 0,309
JT16	HP DeskJet 3820	12	R\$ 399,00	R\$ 0,230
JT17	HP DeskJet 5550	17	R\$ 499,00	R\$ 0,176
JT18	HP DeskJet 5650	21	R\$ 699,00	R\$ 0,176
JT19	HP DeskJet 6122	12	R\$ 799,00	R\$ 0,551
JT20	HP DeskJet 6127	20	R\$ 999,00	R\$ 0,551
JT21	HP DeskJet 9300	14	R\$ 1.899,00	R\$ 0,551
JT22	HP DeskJet 9650	20	R\$ 2.299,00	R\$ 0,176
JT23	HP Photosmart 7260	16	R\$ 599,00	R\$ 0,176
JT24	Lexmark Z35	11	R\$ 249,00	R\$ 0,317
JT25	Lexmark Z45	15	R\$ 369,00	R\$ 0,460

Os dados foram obtidos da seguinte maneira:

- A velocidade de impressão e o preço de aquisição já constavam da listagem obtida no site da Revista InfoExame (2004);
- O custo de impressão foi obtido pela divisão dos preços do cartucho/toner pela capacidade do cartucho/toner (número de páginas impressas). O preço do cartucho/toner foi obtido do site

www.bondfaro.com.br e a capacidade foi obtida dos sites dos respectivos fabricantes.

De posse destes dados e com o apoio de um software específico de DEA, o SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), encontrou-se os resultados de eficiência para cada impressora. Pode-se perceber nos resultados (quadro 02) que apenas as impressoras L01, L10, JT04, JT08, JT09 e JT14 são eficientes (eficiência = 1), ou seja, possuem uma relação custo x benefício ótima. Estas impressoras deveriam ser as escolhidas em caso de uma compra. O modelo na verdade não faz nenhuma distinção em relação a nenhuma destas, pois as mesmas estariam empatadas segundo os critérios utilizados e a amostra analisada.

Quadro 02 – Resultado da Análise das Impressoras

DMUN°	Modelo	Eficiência	DMUN°	Modelo	Eficiência
Impressoras a Laser			Impressoras Jato de Tinta		
L01	Brother 7050N	1,0000	JT01	Canon BJC-2100	0,3970
L02	Brother HL 1850	0,6443	JT02	Canon S 200x	0,8577
L03	Brother HL-1230	0,5724	JT03	Canon S 300	0,5575
L04	Brother HL-1450	0,5740	JT04	Canon S 330	1,0000
L05	Brother HL-1470	0,4792	JT05	Canon i9100	0,1288
L06	Canon LBP-3200	0,5710	JT06	Epson Stylus C43SX	0,8571
L07	Epson AcuLaser C900	0,4490	JT07	Epson Stylus C62	0,7528
L08	HP 1300N	0,6018	JT08	Epson Stylus C63	1,0000
L09	HP LaserJet 1000	0,4178	JT09	Epson Stylus C82	1,0000
L10	HP LaserJet 4200	1,0000	JT10	Epson Stylus C83	0,8420
L11	HP LaserJet 1010	0,4090	JT11	Epson Stylus Photo 1280	0,1674
L12	HP LaserJet 1015	0,4856	JT12	Epson Stylus Photo 785EPX	0,2378
L13	Lexmark E323	0,7806	JT13	HP DeskJet 3425	0,7143
L14	Lexmark T630	0,8684	JT14	HP DeskJet 3550	1,0000
L15	Lexmark e210	0,4844	JT15	HP DeskJet 3650	0,7276
L16	OKi B4300	0,9541	JT16	HP DeskJet 3820	0,6423
L17	OKi Okpage 14e	0,8306	JT17	HP DeskJet 5550	0,8253
L18	OKi Okpage 8z	0,3782	JT18	HP DeskJet 5650	0,8137
L19	Xerox Phaser 3310	0,5820	JT19	HP DeskJet 6122	0,3208
			JT20	HP DeskJet 6127	0,4276
			JT21	HP DeskJet 9300	0,1911
			JT22	HP DeskJet 9650	0,5039
			JT23	HP Photosmart 7260	0,6896
			JT24	Lexmark Z35	0,9435
			JT25	Lexmark Z45	0,8682

As outras impressoras que não possuem índice de eficiência DEA igual a 1,0000 são tidas como ineficientes, ou seja, precisam melhorar sua velocidade e/ou diminuir seu preço e/ou custo de impressão. Neste caso, partiremos das características técnicas (velocidade) previamente estabelecidas e procuraremos o preço de aquisição e o custo de impressão ótimos (máximos) para os benefícios potenciais oferecidos. O quadro 03 mostra os preços e custos ideais para cada impressora tida como não eficiente.

Quadro 03 – Preços de Aquisição e Custos de Impressão Ideais para as Impressoras Não Eficientes

DMUN°	Valores Ideais	
	Preço de Aquisição Ótimo	Custo de Impressão (R \$ /pág)
L02	R \$ 2.061,08	0,05283162
L03	R \$ 571,82	0,05723957
L04	R \$ 1.147,42	0,05739965
L05	R \$ 1.437,19	0,0479224
L06	R \$ 741,77	0,08965204
L07	R \$ 2.244,72	0,02784009
L08	R \$ 1.624,95	0,07342382
L09	R \$ 542,67	0,04553605
L11	R \$ 408,60	0,06257799
L12	R \$ 630,79	0,07429636
L13	R \$ 1.483,16	0,07806119
L14	R \$ 4.143,85	0,08596836
L15	R \$ 338,63	0,0736355
L16	R \$ 1.430,19	0,0734653
L17	R \$ 829,73	0,06146146
L18	R \$ 264,37	0,04198128
L19	R \$ 1.354,30	0,05063347
JT01	R \$ 109,96	0,05398971
JT02	R \$ 213,57	0,11571429
JT03	R \$ 272,59	0,09030633
JT05	R \$ 424,78	0,02407806
JT06	R \$ 256,29	0,13885714
JT07	R \$ 300,36	0,16034339
JT10	R \$ 547,29	0,17934237
JT11	R \$ 717,90	0,03347652
JT12	R \$ 287,47	0,04755432
JT13	R \$ 213,57	0,11571429
JT15	R \$ 363,07	0,19671429
JT16	R \$ 256,29	0,13885714
JT17	R \$ 411,84	0,14525744
JT18	R \$ 568,80	0,14321616
JT19	R \$ 256,29	0,13885714
JT20	R \$ 427,14	0,23142857
JT21	R \$ 362,91	0,10529967
JT22	R \$ 1.158,41	0,08868236
JT23	R \$ 413,06	0,12136609
JT24	R \$ 234,93	0,24278571
JT25	R \$ 320,36	0,17357143

Pode-se notar que algumas impressoras teriam que reduzir seus preços de custos de impressão drasticamente para se tornarem atrativos para os clientes, já outros necessitariam de pequenos ajustes. Isto é consequência do tamanho da ineficiência na relação custo x benefício. Em outras palavras, quanto menor for o índice encontrado no quadro 02 maior deverá ser a redução de preço e de custo de impressão para que a impressora possa fazer parte das preferências racionais dos clientes.

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no exposto pode-se perceber que o modelo apresentado tem o poder de discriminar as alternativas de investimento em TI, no que tange a compra de hardware (impressoras), em opções atraentes e não atraentes, levando em consideração as características

técnicas, como a velocidade de impressão, o preço de aquisição e o custo de impressão de impressoras a laser e jato de tinta. Por conta disso, este pode auxiliar os consumidores em suas decisão de compra.

Com isso, esta pode ser uma poderosa ferramenta para os consumidores ou compradores institucionais para avaliar as alternativas de compra, na medida em que representa uma proposta sistematizada de análise da relação custo x benefício de cada possibilidade de investimento em TI apresentada. Esta análise ainda tem a vantagem de respeitar aspectos relativos, ou seja, cada alternativa é avaliada em função das outras apresentadas.

O modelo serve ainda de ponto de partida para os vendedores, pois fornece uma análise complementar no que tange a redução dos custos (preço de aquisição e custo de impressão), mantendo-se os níveis de benefícios técnicos (velocidade de impressão), para que as alternativas menos atraentes se tornem eficientes. Ou seja, o modelo ora proposto pode ser utilizado no processo decisório de estabelecimento do preço de venda, onde a empresa pode, dadas as características técnicas de seu produto e as informações dos produtos concorrentes, procurar o preço (tanto de impressora quanto de cartucho/toner) que o torne eficiente e, assim, racionalmente preferível aos olhos dos consumidores.

Por fim, vale ressaltar que este trabalho tem o propósito de iniciar a discussão da utilização de modelos DEA na análise de alternativas de compra, combinando aspectos técnicos e preço na busca de uma escolha consistentemente eficiente. A busca por discussões neste tema não pára por aqui, em outras oportunidades continuaremos a propor novas alternativas de análise para auxiliar os consumidores no processo de escolha.

Vale salientar que esta análise possui limitações importantes no que tange as variáveis utilizadas. As conclusões são pertinentes e válidas apenas levando-se em consideração as dimensões sob análise. É importante que numa próxima análise mais aprofundada se considere outras variáveis relevantes para as decisões de compra e de investimentos em TI, de uma forma geral.

7. Referências Bibliográficas

- BANDIN, N. T. *Avaliação da Produtividade de Supermercados e seu Benchmarking*. Florianópolis, Outubro de 1995. PPGEP – UFSC. Tese de Mestrado - Consultada no dia 30/01/03 às 16:42 h no site: <http://www.eps.ufrsc.br/disserta98/neiva>.
- BONDFARO. Disponível em www.bondfaro.com.br e acessado em 04/06/2004.
- BRONSON, R. *Pesquisa Operacional*. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.
- CHARNES, A. COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. *Data Envelopment Analysis*. 2 ed. Boston: KAP, 1994.
- CHURCHILL Jr., G. e PETER, J. P. *Marketing: criando valor para os clientes*. São Paulo: Saraiva, 2000.
- COELLI, T. RAO; D. S. P.; BALTESE, G. E. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: KAP, 1998.
- ENTER-NET, *Saiba Mais sobre a sua Impressora*. Disponível em <http://www.enter-net.com.br/LineAlvarez/port/print.html>. Acessado em 30/06/2004.
- FITZSIMMONS, J. A. e FITZSIMMONS, M. J.. *Administração de Serviços*. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- FRONTINI, M. A. e LAURINDO, F. J. B. Avaliando Investimentos em TI através de Real Options. *Anais do IX SIMPEP*. Bauru: FEB/UNESP, 2002.

- GOLDBARG, M. C. e LUNA, H. P. *Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos*. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- GRAEML, A. R. O Valor da Tecnologia da Informação. *Anais do I SIMPOI*. São Paulo: FGVSP, 1998.
- KOTLER, P. *Administração de Marketing*. 10 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.
- LINS, M. P. E. e MEZA, L. A.. *Análise Envoltória de Dados: Perspectivas de Integração no Ambiente do Apoio à Decisão*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.
- MAÇADA, A. C. G. e BECKER, J. L. Measuring the Efficiency of Investments in Information Technology in Brazilian Banks. *Anais do II ICOQM*. Ahmedabad, Índia: XXX, 1999.
- MAÇADA, A. C. G.; BECKER, J. L e LUNARDI, G. L. Efetividade de Conversão dos Investimentos em TI na Eficiência dos Bancos Brasileiros. *Revista de Administração Contemporânea*. v. 9, n. 1, p. 9-33, 2005.
- MACEDO, M. A. S. A Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) na Consolidação de Medidas de Desempenho Organizacional. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Custos*. Porto Seguro: ABC, 2004.
- MACEDO, M. A. S., SANTOS, R. e BENAC, M. A. Utilizando Análise Envoltória de Dados (DEA) na Decisão de Compra de Processadores para Micro-Computadores. *Anais do I CONTECSI*. São Paulo: TECSI/FEA/USP, 2004a.
- MACEDO, M. A. S., SANTOS, R. e BENAC, M. A. Utilizando Análise Envoltória de Dados (DEA) na Decisão de Compra de Hard Disk (HD) para Micro-Computadores. *Anais do VII SPOLM*. Niterói: CASNAV, 2004b.
- MORIMOTO, C. E. *Dicionário de Termos Técnicos de Informática*. Disponível em <http://www.guiadohardware.info/livros/dicionario/>. Acessado em 30/06/2004.
- PEREIRA, M. F. *Mensuramento de Eficiência Multidimensional utilizando Análise de Envelopamento de Dados: Revisão da Teoria e Aplicações*. Florianópolis, Fevereiro de 1995. PPGEP - UFSC. Tese de Mestrado - Consultada no dia 30/01/03 às 15:43 no site: <http://www.eps.ufrsc.br/disserta/farid>.
- PIMENTA, H. L. N., MACEDO, M. A. e SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Decisão da Realização de Investimentos em Tecnologia da Informação com Análise Envoltória de Dados. *Anais do VI SPOLM*. Rio de Janeiro: CASNAV, 2003.
- REVISTA INFOEXAME. Disponível em www.infoexame.com.br e acessado em 04/06/2004.
- REZENDE, D. A. Estratégias e Planejamento Empresariais Viabilizados pela Tecnologia da Informação e pelos Sistemas de Informação e do Conhecimento. *Anais do I Encontro de Estudos em Estratégia*. Curitiba: ANPAD, 2003.
- SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão. Disponível em www.uff.br/decisao e acessado em 10/03/2004.
- TORRES, G. *Como Comprar*. Disponível em <http://www.clubedohardware.com.br//d230799.html>. Acessado em 30/06/2004.
- VERGARA, S. C. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

- ZHU, J. Multi-factor performance measure model with application to Fortune 500 companies. *European Journal of Operational Research*. n. 123, 2000, págs 105-124.