

MODELAGEM DEA NA FORMAÇÃO DO PREÇO DE VENDA

DEA MODELLING IN SALES PRICES FORMATION

Marcelo Alvaro da Silva Macedo
PGEN/Negen/UFRuralRJ

Leandro Azevedo da Silva Rosadas
PPGEN/Negen/UFRuralRJ

RESUMO

A formação do preço de venda é abordada nos cursos de economia e de administração, sob visões separadas. Discute-se, num primeiro momento, o fato de essas visões serem complementares em alguns aspectos e em outros abordarem a mesma questão com linguagens diferentes, porém conceitualmente parecidas. Além disso, procura-se propor uma nova abordagem com base em análise envoltória de dados (DEA), que pressupõe uma dinâmica competitiva e uma decisão de consumo racional. Assim, este estudo tem como objetivo discutir a formação dos preços de venda, verificando as abordagens tradicionais (da teoria econômica, da contabilidade de custos e do marketing), e propor uma nova metodologia baseada em programação matemática. Para alcançar esses objetivos, faz-se uma revisão bibliográfica dos assuntos formação do preço de venda e DEA e discute-se a modelagem proposta através de um exemplo ilustrativo.

ABSTRACT

The sale price formation is approached in the economy and administration courses with separate visions. The subject to be discussed, in a first moment, would be the fact that the visions are complementary in some aspects and in other aspects they approach the same subject with different languages, however conceptually similar. Besides, it tries to propose a new approach based in Data Envelopment Analysis (DEA), that it presupposes a competitive dynamics and a rational consume decision. This way, the objective of this study is to discuss the sale prices formation, verifying the traditional approaches (economical, costs accounting, and from marketing) and to propose a new methodology based on mathematical programming. To reach these objectives this article makes a bibliographical revision on the subjects sale price formation and DEA and it discusses the proposed model through an illustrative example.

PALAVRAS-CHAVE

Preço de venda; DEA; Eficiência; Programação matemática; Benchmarking.

KEYWORDS

Price of sale; DEA; Efficiency; Mathematical programming; Benchmarking.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, segundo Kotler (2000), o preço funciona como principal determinante na escolha dos consumidores, embora outros fatores tenham se tornado importantes nas últimas décadas. O preço, contudo, ainda permanece como um dos elementos fundamentais na determinação da participação de mercado e da lucratividade das empresas.

De acordo com Churchill e Peters (2000), os profissionais de marketing abordam as decisões de preço de diversas maneiras. As abordagens principais, baseadas em custo, concorrência e valor para os clientes, não se excluem entre si: a prática eficiente da formação de preço requer que a organização considere todas as três.

Segundo Kotler (2000), ao longo da história, os preços foram determinados por meio da negociação entre compradores e vendedores. Hoje, pouco mais de cem anos depois, a Internet promete reverter a tendência de preços fixos para nos levar de volta a uma era de preços negociados.

Pindyck e Rubinfeld (2002) definem mercado como o grupo de compradores e vendedores que, por meio de suas interações efetivas ou potenciais, determinam o preço de um produto ou de um conjunto de produtos.

Segundo os autores, preço de mercado é o preço que prevalece num mercado competitivo. Em mercados não totalmente competitivos, empresas diferentes podem cobrar preços diferentes pelo mesmo produto. Isso pode ocorrer quando uma empresa está tentando ganhar clientes de suas concorrentes ou devido ao fato de clientes serem leais a determinadas marcas, permitindo que algumas empresas cobrem preços mais altos que a concorrência.

Padoveze (1999) afirma que a formação de preços de venda a partir do mercado segue a lógica da teoria econômica, segundo a qual quem faz o preço de venda dos produtos é o mercado, basicamente através da oferta e da procura. O autor

considera devidamente as situações de monopólio, oligopólio, mercados cativos e similares.

Assumindo-se essa condição, praticamente seria desnecessário o cálculo dos custos como ponto de partida para a formação de preços de venda. O que a empresa teria a fazer seria abalizar corretamente o preço de mercado do produto através dos preços dos concorrentes ou de pesquisa de mercado (no caso de produtos inéditos) e considerar gastos de comissões, canais de distribuição, publicidade, localização da fábrica, etc.

Este trabalho apresenta e discute uma modelagem alternativa às tradicionais (custos, econômica e marketing) com base na utilização de análise envoltória de dados (DEA). A metodologia proposta apóia-se em dois princípios: os preços são formados com base na competitividade do mercado e os consumidores têm preferências lógicas e racionais, sendo o preço uma variável relevante. Assim, a modelagem procura obter um preço eficiente, com uma relação custo *versus* benefício ótima, de acordo com o que é praticado pela concorrência.

Nesse sentido, este trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

- identificar e revisar algumas referências específicas sobre os conceitos de formação do preço de venda;
- verificar e analisar as divergências e convergências das abordagens utilizadas para se precificar os produtos/serviços;
- discutir as abordagens de como se comporta o preço em diferentes estruturas de mercado;
- analisar questões sobre o valor e sobre como os custos influenciam na formação de preço;
- propor uma modelagem para a formação do preço de venda com base em análise envoltória de dados (DEA);
- apresentar e discutir, em termos práticos, a metodologia proposta, com o uso de um exemplo ilustrativo.

FORMAÇÃO DO PREÇO DE VENDA: UMA DISCUSSÃO CONCEITUAL COM BASE NAS TEORIAS DE CUSTOS, ECONÔMICA E DE MARKETING

Numa economia fechada e de baixa competitividade como a brasileira até meados de 1990, o produtor formador de preços acrescentava ao custo de produção (normalmente alto, devido ao custo Brasil e ao baixo nível tecnológico) uma margem de lucro e chegava ao preço de mercado: custo médio + margem de lucro = preço de mercado do produto.

Com a abertura da economia e o aumento da competição, os produtores passam de formadores do preço a tomadores do preço de mercado. Assim, a partir do preço que os consumidores estão dispostos a pagar, o produtor desconta seu custo e a sobra é o lucro: lucro = preço de mercado - custo médio. Num ambiente em que o planejamento estratégico é vital, dado o preço de mercado que os consumidores estão dispostos a pagar e a margem de lucro pretendida pelo empresário, este deve buscar atingir um custo-meta de produção que viabilize esses objetivos, tornando a equação: custo - meta = preço de mercado - lucro.

Segundo Padoveze (1999), o pressuposto para a formação de preços de venda a partir do custo e sua validade é que o mercado está disposto a absorver os preços de venda determinados pela empresa, que, por sua vez, são calculados de acordo com seus custos reais ou orçados. Sabe-se que, na verdade, isso nem sempre pode acontecer, o que invalida, eventualmente, tal procedimento.

Em geral, a precificação baseada em custos é relativamente fácil de usar, o que a torna popular entre as empresas que lidam com muitos produtos diferentes. A ênfase em cobrir os custos também a torna atraente quando é preciso estabelecer preços para trabalhos não rotineiros. Ao preparar um orçamento, as empresas que utilizam essa abordagem conduzem uma análise detalhada de todos os custos que esperam encontrar.

Depois, acrescentam uma porcentagem de lucro ao custo total. Se o resultado for mais alto do que os preços concorrentes para servi-los da mesma qualidade, elas podem abaixar essa porcentagem, mas raramente a reduzem abaixo do que consideram sua margem de lucro básica.

A limitação mais importante das técnicas de preços baseados em custos talvez seja a de não considerar o efeito do preço sobre a demanda dos clientes. Assim, as empresas poderiam descobrir, tardiamente, que um preço suficientemente alto para cobrir os custos e proporcionar um lucro confortável é tão elevado que os compradores voltam-se para produtos concorrentes ou substitutos.

Para Horngren *et al.* (2004), estas três variáveis incidem sobre a relação entre oferta e demanda e influenciam direta ou indiretamente a formação dos preços de venda:

- Clientes: influenciam o preço à medida que promovem a demanda por um produto ou serviço. Em razão disso, as empresas precisam avaliar as decisões de precificação a partir da ótica dos clientes. Isso significa formar o preço a partir do que o cliente está disposto a pagar. Essa ótica é extremamente subjetiva e de difícil mensuração, pois pressupõe uma pesquisa de mercado com os consumidores.

- Concorrentes: as empresas devem estar atentas às ações de seus concorrentes. Os mesmos produtos em outros concorrentes e até mesmo produtos alternativos ou substitutos podem afetar a demanda por produtos e serviços da empresa. Por isso, a ótica dos concorrentes é uma possibilidade para a formação do preço de venda: a empresa procura formar o preço de seus produtos e serviços a partir dos preços praticados pelos concorrentes.

- Custos: influenciam a oferta de produtos e serviços, pois, quanto mais baixo for o custo em relação aos preços pagos pelo cliente, maior será a capacidade de fornecimento pela empresa. Gestores que entendem o custo de seus produtos e

serviços são capazes de estabelecer preços atrativos e obter retornos operacionais desejáveis. Nessa ótica, a empresa forma o preço a partir dos custos, adicionando uma margem de ganho desejada pela empresa.

Enquanto as duas primeiras variáveis estão mais relacionadas a fatores externos à organização, ditos mercadológicos, a última está intrinsecamente relacionada com a empresa.

A precificação baseada em custos também não leva em conta os preços dos concorrentes. Para competir de forma lucrativa, os profissionais de marketing poderiam ter de cortar custos em vez de elevar o preço. Porém, quando oferecem produtos diferenciados e de alto valor agregado, muitas vezes podem cobrar mais caro.

Sobre os preços dos concorrentes, as seguintes condições devem ser consideradas:

- Há vários concorrentes com produtos de qualidade;
- Pelo menos alguns dos concorrentes são financeiramente fortes;
- As características do produto são facilmente copiadas e é difícil diferenciá-lo;
- Os concorrentes têm acesso aos canais de distribuição;
- Os concorrentes têm altos níveis de conhecimento e habilidades de marketing;
- Os concorrentes têm estruturas de custos semelhantes.

Os preços abaixo da concorrência podem aumentar as vendas quando a elasticidade-preço é alta ou apenas igualar o preço e oferecer mais valor do que os concorrentes, podendo até cobrar um preço mais elevado. Porém, para fixar tais preços, os profissionais necessitam conhecer a equação de valor para o produto.

Levar em conta os preços dos concorrentes é um dos aspectos práticos e essenciais da estratégia de preços na maioria dos casos. Quando os clientes podem escolher entre mais de um forne-

cedor, abre-se a oportunidade de escolher a alternativa com maior valor. Os profissionais de marketing devem, portanto, considerar como oferecer valor superior aos clientes e definir preços abaixo, acima ou no mesmo nível da concorrência para ampliar esse valor.

O preço baseado na concorrência, porém, tem limitações. Como não inclui informações sobre custos, essa estratégia deixa em aberto as interrogações sobre a possibilidade de geração de lucro num dado preço. Se os custos de uma empresa forem mais altos que os dos concorrentes, talvez ela não possa fixar um preço abaixo ou no mesmo nível da concorrência e sobreviver. Além disso, a precificação baseada na concorrência não explora diretamente o valor para os clientes.

Quaisquer que sejam os custos da organização e o preço cobrado pelos concorrentes, os compradores potenciais podem não comprar o produto se acharem que a oferta não vale o seu dinheiro. Portanto, as decisões de preços devem levar em conta as percepções dos clientes sobre o valor de uma troca. Isso significa que uma pesquisa de marketing é necessária para descobrir as percepções de valor e preço dos clientes.

Ao investigar as percepções dos clientes sobre preços, é fundamental detectar o preço de referência do cliente, ou seja, "o preço que os compradores usam para comparar o preço oferecido de um produto ou serviço". Em relação a esse aspecto, valor = benefícios percebidos – custos percebidos.

Centrar-se no valor para o cliente possibilita à organização dar ao cliente o que ele quer, talvez até mesmo com uma boa margem de lucro. A precificação por valor é especialmente vantajosa se a organização puder encontrar correspondência entre o que faz de melhor e o que o segmento do mercado valoriza. Dessa forma, se a organização se destaca por oferecer trocas agradáveis e uma imagem de prestígio, ela pode definir preços altos e, ainda assim, criar valor para um segmento de mercado que deseje esses atributos. Similarmente, uma organização que possa entregar um

bom produto básico por um preço baixo pode criar valor para clientes preocupados com preços.

Como acontece com as outras abordagens, o preço baseado no valor não funciona bem por si só. Os gestores precisam estar conscientes de seus custos: não podem ter lucros oferecendo valor aos clientes por um preço não lucrativo. Igualmente, mesmo que definam preços que os clientes considerem um bom valor, podem não chegar a lugar nenhum se os concorrentes oferecerem um negócio ainda melhor em termos de equação de valor. Em suma, os profissionais de gestão precisam considerar os três elementos – seus custos e objetivos de lucros, as estratégias de preços competitivas e o valor para o cliente – ao tomar decisões de preço.

Para Kotler (2000), cada preço levará a um nível diferente de demanda e, portanto, terá um impacto diferente nos objetivos de marketing de uma empresa. A relação entre preços alternativos e demanda corrente resultante é representada pela curva de demanda.

Kalechi (1983) postula que, a curto prazo, as alterações nos preços dos bens acabados são determinadas pelas modificações no custo de produção e pelos preços dos concorrentes imediatos, porque, ante um aumento da demanda, as empresas geralmente têm capacidade para elevar o volume da produção, mantendo estável o nível dos preços.

A longo prazo, esse raciocínio continua válido, desde que não seja alterado o grau de monopolização existente (se aumenta o grau de monopolização, a empresa-líder depende menos de seus concorrentes e vice-versa). Diferentemente, no caso dos produtos alimentícios primários e das matérias-primas (produtos agrícolas, mineração, etc.), os preços são determinados pela demanda, porque, diante de um aumento da demanda, não existiriam condições para aumentar a oferta, já que esta é inelástica e se requer tempo suficiente para aumentar a produção.

No entanto, Kalecki (1983) aceita que a demanda é que finalmente determina os preços de todos os bens, embora seu estudo só faça comprovações empíricas para a formação dos preços pelo custo.

Essas e outras questões, listadas a seguir, são tratadas há mais de dois séculos pelo pensamento econômico, mas aparentemente pouco utilizadas na prática, o que resulta em: alta taxa de mortalidade das firmas, conforme a classe de renda do consumidor; redução do preço quando o consumidor adquire maior quantidade da mercadoria; cobrança de preços diferentes para consumidores com demandas diferentes, como a energia elétrica nas residências e indústrias, tarifas aéreas regulares e especiais, preços em períodos de temporada e fora da temporada, preços de pico quando a demanda atinge picos, como as tarifas de telefone, além da venda de um grupo de produtos em pacote.

Como descrito por Padoreze (1999), Kotler (2000) e Kalechi (1983), a formação de preço de venda deve considerar diferentes variáveis: definição dos objetivos da determinação de preços; determinação de projeções de demanda; estimativa de custos; análise de custos, preços e ofertas dos concorrentes; seleção de um método de determinação de preço; e determinação do preço final. Uma visão integrada visa a aproveitar as vantagens e reduzir as limitações contidas nos diversos enfoques teóricos de precificação de produtos.

Segundo Kotler (2000), a demanda estabelece um teto no preço que uma empresa pode cobrar por seu produto. Os custos determinam o piso. A empresa deseja cobrar um preço que cubra seu custo de produção, distribuição e venda do produto, incluindo um retorno justo por seu esforço e risco. As empresas que deixam de medir seus custos corretamente não estão medindo seus lucros de maneira adequada, e é provável que aloquem seu esforço de maneira errada. A identificação dos custos reais que emergem do relacionamento com

o cliente também permite que uma empresa explique melhor seus preços ao cliente.

Segundo Churchill e Peters (2000), embora a análise marginal seja a maneira adequada para definir preços do ponto de vista econômico, coletar as informações necessárias pode ser difícil e caro. Para complicar a tarefa, há mais variáveis do que as consideradas em tal análise. Exemplo: quando a Compaq baixou os preços de seus computadores, muitos clientes trocaram de equipamento e compraram computadores mais potentes, em vez de comprarem os modelos mais baratos. Aparentemente, o valor para eles não era apenas uma questão de pagar o preço mais baixo, mas de fechar um bom negócio por um computador mais potente. Essas mudanças na demanda não são facilmente explicadas pela análise marginal.

Kotler (2000) diz que, ante os 3Cs – a programação de demanda dos clientes, a função custo e os preços dos concorrentes –, a empresa estará pronta para selecionar um preço. Os custos determinam o piso para o preço. Os preços dos concorrentes e o preço de substitutos oferecem orientação. A avaliação de características singulares do produto estabelece um teto para o preço.

Segundo Kotler (2000), as empresas geralmente não determinam um preço único, mas elaboram uma estrutura de determinação de preços que reflete variações geográficas na demanda e nos custos, exigências de segmento de mercado, oportunidade de compra, níveis de pedidos, frequência de entrega, garantias, contratos de serviço e outros fatores.

Rosadas e Macedo (2004), em pesquisa realizada com 37 empresas do setor de materiais de construção, observaram que:

- A maior parte das empresas forma o preço de venda com base na política de preço de venda mais margem de lucro;

- Uma menor parte das empresas utiliza informações do mercado e dos consumidores para a formação do preço de venda;

- Por último, uma parte ainda menor dos respondentes diz que utiliza uma metodologia híbrida, recorrendo a informações do mercado, advindas principalmente dos vendedores, para a formação do preço de venda.

A teoria econômica aborda a formação do preço de venda mediante conceitos utilizados por outras duas visões. A visão da contabilidade de custos centra-se no controle, acompanhamento e medição de desempenho. Em contrapartida, a visão do marketing aborda um aspecto mais estratégico e acaba por explorar muito a relação de valor que o cliente enxerga no preço cobrado. Tal visão fundamenta-se no conceito econômico da utilidade.

Enfim, a teoria econômica, aliada à visão do marketing, permite decidir qual estratégia tomar em relação aos preços, considerando os custos e o valor agregado do produto para os clientes. O controle e o acompanhamento dos preços podem ser feitos pelo sistema de custo vigente, por pesquisas nos mercados onde os produtos/serviços são oferecidos e através de análises econômicas regulares da concorrência.

ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Segundo Macedo (2004a), a análise envoltória de dados compreende o uso de métodos de programação linear para construir uma fronteira não paramétrica sobre os dados, onde medidas de eficiência são calculadas em relação à sua fronteira.

Para Zhu (2000), a análise envoltória de dados é uma técnica baseada em programação linear projetada para estabelecer uma medida de eficiência relativa entre diferentes entidades de um gênero comum. A medida de eficiência DEA contabiliza explicitamente o *mix* de entradas e saídas.

Lins e Meza (2000) concluem que a abordagem analítica rigorosa aplicada à medida de eficiência é tal que nenhum dos *outputs* pode ser aumentado sem que algum outro seja reduzido

ou um *input* necessite ser aumentado; e nenhum dos *inputs* pode ser reduzido sem que algum outro seja aumentado ou um *output* seja reduzido.

Charnes *et al.* (1994) propõem um conceito relativo: a eficiência de 100% é atingida por uma unidade quando comparações com outras unidades relevantes não fornecem evidência de ineficiência no uso dos *inputs* e/ou *outputs*.

A análise envoltória de dados, segundo Zhu (2000), representa uma das mais adequadas ferramentas para avaliar a eficiência. Os resultados de DEA são mais detalhados do que os obtidos em outras abordagens, servindo melhor ao embasamento de recomendações de natureza gerencial. Os autores destacam as seguintes características dessa 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 no interior de um grupo de unidades analisadas;
- Determina, para cada unidade ineficiente, subgrupos de unidades eficientes, os quais formam seu conjunto de referência.

De acordo com Macedo (2004b), a DEA é uma técnica de pesquisa operacional baseada na 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*). Cada DMU é representada por um conjunto de S *outputs* e um conjunto de M *inputs*. A idéia básica é comparar os *outputs* com os *inputs*.

Segundo Charnes *et al.* (1994), essa abordagem permite distinguir estados de produção eficientes e ineficientes, já que os modelos de programação matemática fornecem uma maneira elegante de, simultaneamente, construir a fron-

teira para um dado conjunto de unidades analisadas e calcular a distância da fronteira em relação a cada uma das observações individuais.

Para Macedo (2004a), a resposta mais importante dessa metodologia é a caracterização de uma medida de eficiência que orienta a decisão por um único indicador construído a partir de diferentes abordagens de desempenho. Isso facilita em muito o processo decisório, pois, em vez de considerar vários índices para concluir a respeito do desempenho da empresa ou da unidade sob análise, o gestor utiliza apenas a medida de eficiência da DEA. Além disso, outras informações oriundas dessa metodologia podem ser utilizadas para auxiliar a empresa na busca da excelência.

São várias as formulações dos modelos de DEA encontradas na literatura, conforme Charnes *et al.* (1994). Entretanto, dois modelos básicos DEA são geralmente usados nas aplicações. O primeiro, chamado de CCR (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978) e 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; COOPER, 1984) e 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.

Segundo Macedo (2004a), os modelos desenvolvidos a partir da DEA são capazes de conjugar num único índice vários indicadores de natureza diferentes para a análise do desempenho organizacional. Percebe-se, então, que a modelagem possui as características de trabalhar diversas variáveis sem a necessidade de convertê-las a um padrão comum de unidade, além de apoiar o processo decisório com uma técnica multicritério e, portanto, mais capaz de modelar a complexidade do mundo real.

De acordo com Coelli *et al.* (1998), Charnes, Cooper e Rhodes (1978) propuseram um modelo com uma orientação *input* e que assumia retornos constantes de escala (CRS). Artigos subsequentes consideraram várias alternativas. Banker, Charnes e Cooper (1984) formularam o modelo de retorno variável de escala (VRS).

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

Nesse modelo *c* é a unidade (DMU) que está sendo avaliada. O problema acima envolve a procura de valores para *u* e *v*, que são os pesos, de modo a maximizar 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 um, para todas as DMUs. Essa 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

Ainda 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 seguinte problema de programação matemática:

unidades que estão sendo comparadas, nenhuma unidade excederá 100% de eficiência ou uma razão de 1,00.

De acordo com Macedo (2004b), esse é um problema fracionário (não linear) de programação matemática que pode ser resolvido transformando-se a relação numa função linear, simplesmente considerando-se o denominador (soma ponderada dos insumos) da função objetivo igual a um. Os modelos DEA-CRS e DEA-VRS podem então ser apresentados da seguinte maneira:

$ \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, k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\ &u_j, v_i \geq 0, \forall x, y. \end{aligned} $	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">CRS</div>
$ \begin{aligned} \text{Max } E_c &= \sum_{j=1}^s u_j y_{jc} + u' \\ \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} + u' \leq 0, k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\ &u_j, v_i \geq 0, \forall x, y. \end{aligned} $	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">VRS</div>

Nessas modelagens, a medida de eficiência DEA é mais completa que as medidas de desempenho monodimensionais, pois é capaz de incorporar uma análise multicriterial e assim modelar melhor a complexidade do mundo real. A eficiência técnica global é obtida com a fronteira CRS, que pode ser decomposta em eficiência técnica pura (obtida pela fronteira VRS) e eficiência de escala (CRS/VRS). Em suma, para uma empresa ser CRS eficiente, precisa ter eficiência técnica (VRS) e de escala.

Ainda de acordo com Macedo (2004b), quanto maior a relação $\hat{a}outputs / \hat{a}inputs$, maior a eficiência. Para cada DMU a ser analisada, formula-se um problema de otimização para determinar os valores que essa DMU atribuiria aos multiplicadores u e v , de modo a aparecer com a maior eficiência possível.

Então, complementa o autor, o problema consiste em achar os valores das variáveis u_j e v_i , que são os pesos (importância relativa de cada variá-

vel), de modo a maximizar 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 um para todas as DMUs. Logo, as eficiências variam de 0 a 1 ou 0% e 100%.

Antes de tratarmos os dados desta pesquisa, vamos a um exemplo simples, proposto por Macedo (2004a) para melhor explicar a modelagem DEA. Suponhamos que seis empresas ou unidades de uma mesma empresa (DMUs) estejam sendo analisadas. Para essa análise, apliquemos os conceitos de DEA e expliquemos como funcionam. Os dados de receita (*output*) e de custos (*input*) das DMUs analisadas se encontram no quadro 1. As eficiências calculadas pelo DEA, com o auxílio do *software* SIAD (sistema integrado de apoio à decisão), dos modelos CRS e VRS, sob a ótica *input*, também estão expressas no quadro 1.

Quadro 1 – Informações de receita e custos e eficiências das DMUs

DMU	Output 01	Input 01	Índice de Eficiência	
Empresas	Receita	Custos	CRS	VRS
1	R\$ 3.190,00	R\$ 1.450,00	100	100
2	R\$ 1.300,00	R\$ 1.080,00	54,71	68,57
3	R\$ 1.980,00	R\$ 900,00	100	100
4	R\$ 3.620,00	R\$ 2.350,00	70,02	100
5	R\$ 1.042,00	R\$ 680,00	69,65	100
6	R\$ 2.900,00	R\$ 2.000,00	65,91	65,91
1	R\$ 3.190,00	R\$ 1.450,00	54,71	68,57

Fonte: os Autores

Para o modelo CRS, apenas as DMUs 1 e 3 são eficientes. Já para o modelo VRS, as DMUs 1, 3, 4 e 5 são eficientes. Os índices de eficiência calculados no modelo VRS são sempre iguais ou superiores aos calculados pelo CRS.

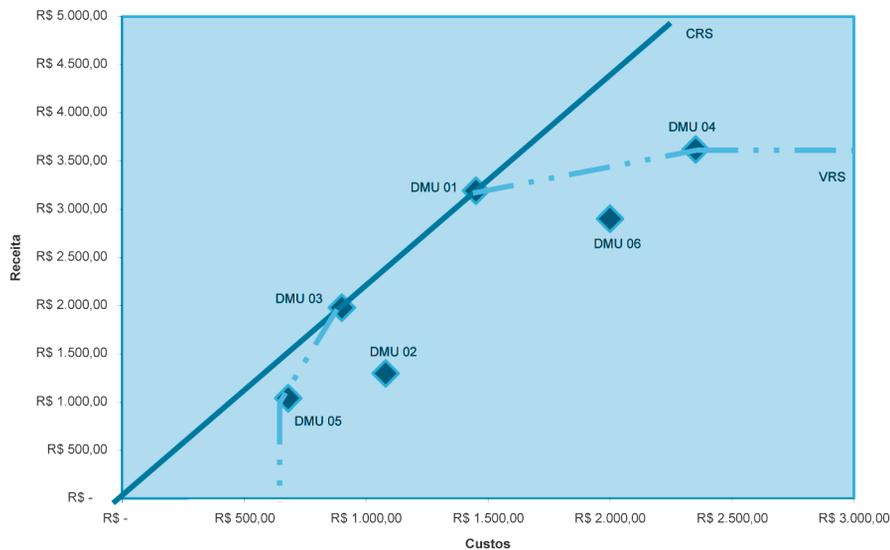
Isso mostra a característica mais flexível de análise dos modelos VRS em relação ao CRS.

Além desse quadro, pode-se usar o gráfico 1 para se ter uma idéia da situação das DMUs. No eixo X do gráfico estão os valores de custos e no

eixo Y os valores de receita. Uma empresa eficiente é aquela que combina receita e custos de modo a obter maior receita com menores custos.

O gráfico 1 também mostra as fronteiras de eficiência CRS e VRS, que ajudam a entender os resultados obtidos na análise.

Gráfico 1 – Fronteiras eficientes: CRS e VRS



Fonte: os Autores

O modelo CRS pressupõe um retorno constante de escala. Ou seja, existe uma relação linear entre *inputs* e *outputs*, de modo que um incremento ou uma redução de *input* gera um incremento ou uma diminuição proporcional de *outputs*. Isso significa que serão eficientes as empresas que tiverem um melhor resultado da divisão entre *output* e *input*. Assim, os índices de eficiência, como são relativos, podem ser obtidos, para esse caso de um *output* e um *input*, pela divisão dos resultados de *output/input* de cada DMU pelo maior valor encontrado para esse quociente. Graficamente, a fronteira é obtida pela linha que sai da origem e passa pelos pontos mais altos (maiores relações *output/input*), que são as DMUs 1 e 3. A ineficiência de cada DMU é calculada por sua distância em relação à fronteira CRS, por uma linha paralela ao eixo X. A idéia, então, é saber qual a redução de *input* (custos) necessá-

ria, mantendo-se os níveis de *output* (receita), para que a empresa se torne eficiente.

Já para o caso VRS, como não se tem a necessidade de proporcionalidade de *inputs* e *outputs*, mais duas DMUs são tidas como eficientes – 4 e 5 – além das DMUs 1 e 3, que já eram eficientes no CRS. A idéia é incluir outras DMUs através do tratamento de retornos variáveis de escala (crescentes ou decrescentes) que possam representar boas práticas na relação *output/input*. Com isso, as DMUs 4 e 5, que têm respectivamente as maiores e menores receitas e custos, são incluídas na fronteira VRS. As ineficiências continuam sendo calculadas da mesma maneira, porém pode-se perceber que a fronteira VRS está mais próxima da DMU 2 do que a fronteira CRS, o que explica um maior índice de eficiência ou, de outra forma, uma necessidade menor de redução dos custos, mantido o nível de receita, para que essa DMU se

torne eficiente. No caso da DMU 6, que não teve seu índice de eficiência modificado, percebe-se que as fronteiras VRS e CRS nas suas proximidades estão sobrepostas.

Em termos de análise de *benchmarking*, no caso CRS, as DMUs 1 e 3 são utilizadas como referência respectivamente para as DMUs 4 e 6 e para as DMUs 2 e 5. Já para o caso VRS, as DMUs 3 e 5 são utilizadas como referência para a DMU 2 e as DMUs 1 e 3 são referência para a DMU 6.

No caso da orientação *output*, não tratado nesse exemplo, a lógica é saber o máximo de receita possível, dados os custos. Logo, a projeção é feita para cima, ou seja, mantendo-se o nível de *input* até alcançar a fronteira.

Neste trabalho utilizamos uma abordagem *input*, com o modelo DEA-CRS, pois observa-se uma maior capacidade de discriminar as várias alternativas apresentadas. Nosso objetivo, no exemplo ilustrativo, é determinar o preço ótimo (minimizar

input), dadas as características técnicas do produto e outros benefícios, que funcionam como *outputs*.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO EXEMPLO ILUSTRATIVO

O exemplo ilustrativo desenvolvido busca melhorar a apresentação e a discussão da metodologia proposta, pois contribui para um entendimento prático das características dessa modelagem alternativa.

Suponhamos que uma empresa (DMU_10) esteja lançando um produto num mercado altamente competitivo e pretenda formar seu preço de venda com base num patamar competitivo, onde, dadas as características desse produto, queira estabelecer um preço que lhe permita uma vantagem comparativa ante os concorrentes no que tange à relação custo x benefício. Os dados dos produtos dos principais concorrentes e da empresa se encontram no quadro 2:

Quadro 2 – Dados sobre preço e características do produto para cada DMU

DMUs	Preço de Venda	Características do Produto		
	Input_1	Output_1	Output_2	Output_3
DMU_1	20	100	56	10,00
DMU_2	24	104	65	10,30
DMU_3	25	106	57	10,50
DMU_4	22	108	60	10,30
DMU_5	24	113	59	10,50
DMU_6	23	109	54	10,70
DMU_7	24	108	55	10,10
DMU_8	22	100	59	10,20
DMU_9	23	104	57	10,80
DMU_10	25	108	60	10,60

Fonte: os Autores

O *input* 1 representa o preço, que é uma dimensão a ser minimizada, pois, quanto menor o preço, mais bem aceito será o produto no que tange à relação custo x benefícios. As informações de *output* (1, 2 e 3) representam os benefícios (técnicos, de serviço agregado, etc.) que o produto de cada concorrente apresenta.

A empresa que está fazendo a análise é a DMU_10. A princípio, ela decidiu que deveria praticar um preço de \$ 25,00 e gostaria de saber se esse é um preço competitivo, no sentido de gerar valor para o cliente. Agregar valor está sendo me-

tido pela preferência racional de pagar menores preços para obter maiores benefícios.

Com base na modelagem DEA, procurou-se minimizar o preço de venda, dadas as características do produto. Primeiramente, utilizando-se o *software* de DEA denominado SIAD, apresentado em Meza *et al.* (2003), calcula-se a eficiência de cada relação custo x benefício, ou seja, procura-se identificar o quanto o preço de venda é capaz de justificar os benefícios produzidos pelas características do produto em cada concorrente. Denomina-se essa capacidade de agregação de valor.

Quadro 3 – Eficiência da relação custo x benefícios do produto para cada DMU

DMU	Eficiência	DMU	Eficiência
DMU_1	1,0000	DMU_6	0,9478
DMU_2	0,9673	DMU_7	0,9000
DMU_3	0,8480	DMU_8	0,9578
DMU_4	0,9818	DMU_9	0,9391
DMU_5	0,9417	DMU_10	0,8640

Fonte: os Autores

Esses indicadores mostram o quão eficiente cada concorrente é na geração de valor para o cliente. Pode-se perceber que somente o concorrente DMU_1 tem eficiência igual a 1,0000. Isso quer dizer que esse concorrente tem a preferência racional dos clientes. Essa preferência seria expressa na mesma ordem do indicador de eficiência (quadro 3).

A empresa sob análise (DMU_10) tem indicador de eficiência igual a 0,8640. Logo, precisa reduzir seu preço, dadas as características (benefícios) de seu produto. Na verdade, cada empresa precisa reduzir seu preço num percentual igual ao complemento de seu indicador ao valor máximo (1,0000). O quadro 4 mostra essa necessidade de redução para cada concorrente:

Quadro 4 – Redução mínima no preço de venda do produto para cada DMU

DMU	Red do PV	DMU	Red do PV
DMU_1	0,00%	DMU_6	5,22%
DMU_2	3,27%	DMU_7	10,00%
DMU_3	15,20%	DMU_8	4,22%
DMU_4	1,82%	DMU_9	6,09%
DMU_5	5,83%	DMU_10	13,60%

Fonte: os Autores

Em outras palavras, o preço máximo será dado pela multiplicação do preço atual pelo indicador de eficiência. Assim, para que a empresa sob análise possa competir nesse mercado, terá de praticar um preço não superior a \$ 21,60 ($\$ 25,00 \times 0,8640$).

De forma geral, a empresa teria a preferência racional dos consumidores se praticasse preços inferiores a \$ 21,60. Isso poderia ajudá-la a definir um preço que alavancasse suas vendas, sem desperdício de esforços (excesso de redução da receita), e também proporcionaria uma alternativa de comunicação de seu produto como aquele que gera a melhor relação custo x benefício entre os similares disponíveis no mercado.

Essa forma de estabelecimento do preço de venda prima pela observação das características competitivas do mercado, já que se baseia na comparação explícita dos benefícios auferidos, dado o sacrifício (preço) feito em função de cada competidor.

Apesar de a modelagem mostrar como cada empresa pode maximizar o valor agregado de maneira relativa, em função da competitividade, a decisão de compra é feita quase exclusivamente com base na percepção de valor. Cabe então à empresa procurar fazer com que seu valor agregado (melhor relação custo x benefícios) seja percebido pelos clientes. Se não for capaz de melhorar as características do produto (caso não tratado aqui) e/ou diminuir o preço de venda, a empresa não estaria apta a competir nesse mercado.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo apresentado tem o poder de discriminar as alternativas de custo x benefício (valor agregado) em opções atraentes e não atraentes para os clientes, levando em consideração as características técnicas e o preço dos produtos. Assim, pode auxiliar os gestores em suas decisões de preço de venda.

Serve, então, de ponto de partida para os vendedores, pois fornece uma análise complementar

no que tange à redução dos custos (preço), mantendo-se os níveis de benefícios técnicos, para que as alternativas menos atraentes se tornem eficientes. Ou seja, pode ser utilizado no processo decisório de estabelecimento do preço de venda, permitindo à empresa, dadas as características técnicas de seu produto e as informações dos produtos concorrentes, procurar o preço que o torne eficiente e, assim, racionalmente preferível aos olhos dos consumidores.

Trata-se também de uma poderosa ferramenta para os consumidores ou compradores institucionais avaliarem as alternativas de compra, na medida em que representa uma proposta sistematizada de análise da relação custo x benefício de cada possibilidade apresentada. Análise que ainda tem a vantagem de respeitar aspectos relativos, ou seja, cada alternativa é avaliada em função das outras apresentadas.

Este trabalho teve o propósito de iniciar uma discussão sobre a utilização de modelos DEA na análise da formação do preço de venda, combinando aspectos técnicos e preço na busca de uma decisão consistentemente eficiente. Novas alternativas de análise ainda serão propostas para auxiliar os gestores no estabelecimento do preço de venda de seus produtos e serviços. ➤

Recebido em: jan. 2006 · Aprovado em: mar. 2006

Marcelo Alvaro da Silva Macedo

PGEN/Negen/UFRuralRJ
Rod BR 465, Km 07
UFRuralRJ/ICHSDCAC
Seropédica – RJ
Cep: 23890-000
Telefone: 21 26821042
Email: alvaro@ufrjr.br

Leandro Azevedo da Silva Rosadas

PPGEN/Negen/UFRuralRJ
Rod BR 465, Km 07
UFRuralRJ/ICHSDCAC
Seropédica – RJ
Cep: 23890-000
Telefone: 21 26821042
Email: lrosadas@strategieconsultoria.com.br

REFERÊNCIAS

- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. **Data envelopment analysis**. 2 ed. Boston: Kap, 1994.
- CHURCHILL, G.; PETERS, 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.
- HORNGREN, C. T.; DATAR, S. M.; FOSTER, G. **Contabilidade de custos: uma abordagem gerencial**. 11 ed. São Paulo: Pearson-Prentice Hall, 2004.
- KALECKI, M. **Teoria da dinâmica econômica**. São Paulo: Abril Cultural, 1983.
- KOTLER, P. **Administração de marketing**. 10 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.
- LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à decisão**. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2000.
- MACEDO, M. A. S. A utilização da análise envoltória de dados na consolidação de medidas de desempenho organizacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 11. **Anais**. Porto Seguro: ABC, 2004a. 1 CD.
- MACEDO, M. A. S. Indicadores de desempenho: uma contribuição para o monitoramento estratégico através do uso de análise envoltória de dados. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 7. **Anais**. São Paulo: FGVSP, 2004b. 1 CD.
- MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; COELHO, P. H. G. SIAD – Sistema integrado de apoio à decisão: uma implementação computacional de modelos de análise de envoltória de dados. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL DA MARINHA, 6. **Anais**. Rio de Janeiro: Casnav, 2003. 1 CD.
- PADOVEZE, C. L. **Contabilidade gerencial: um enfoque em sistema de informação contábil**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 5 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- ROSADAS, L. A. S.; MACEDO, M. A. S. Formação do preço de venda: uma análise do setor de material de construção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 11. **Anais**. Porto Seguro: ABC, 2004. 1 CD.
- ZHU, J. Multi-factor performance measure model with application to fortune 500 companies. **European Journal of Operational Research**, v. 123, n. 1, p. 105-124, 2000.