

## EFICIÊNCIA TÉCNICA NA PRODUÇÃO DE LEITE

Oscar Tupy<sup>1</sup>  
Sérgio Novita Esteves<sup>2</sup>  
Eli Schiffler<sup>2</sup>  
Manuel Carmo Vieira<sup>2</sup>  
André Luiz Monteiro Novo<sup>2</sup>

### RESUMO

O trabalho mede a eficiência produtiva de uma amostra de 38 produtores de leite do tipo B, ligados a cooperativas de laticínios do Estado de São Paulo. Enfatiza a importância da adoção de métodos de avaliação de eficiência como ferramentas auxiliares à gestão de sistemas de produção de leite. Empregou-se o método DEA - *Data Envelopment Analysis* para medição de eficiência dos sistemas de produção. A eficiência média dos sistemas foi de 84 %, implicando na utilização de um *mix* de capital e mão-de-obra (número de vacas, quantidade de alimentos, número de empregados e área de pastagens) 16 % maior do que o necessário para o nível de produção de leite registrado.

Termos para Indexação: eficiência, produtores de leite.

### ABSTRACTS

The efficiency of production was measured in a sample of 38 milk production systems, that were associated to a milk cooperative at the São Paulo State. The study focused at the importance of evaluation methods adoption as a auxiliary tool for milk production system administration or management. The DEA - *Data Envelopment Analysis* was applied to measure the production systems efficiency. The average efficiency was 84%, implying on the utilization of a capital and workers mix (number of cows, feedstuffs amount, number os workers and forage area) 16% higher than the necessary for the level of milk production registered.

INDEX TERMS: efficiency, milk production, Data Envelopment Analysis.

<sup>1</sup> Pesquisadores da Embrapa Pecuária Sudeste, Rod. Washington Luiz, km 234, C.P. 339, São Carlos, SP. E-mail: [tupy@cppse.embrapa.br](mailto:tupy@cppse.embrapa.br)

<sup>2</sup> Técnicos de Nível superior II, Embrapa Pecuária Sudeste, C. P. 339, São Carlos, SP, 13560-970, São Carlos, SP. E-mail: [andren@cppse.embrapa.br](mailto:andren@cppse.embrapa.br); [eli@cppse.embrapa.br](mailto:eli@cppse.embrapa.br) ;

## INTRODUÇÃO

Economistas teóricos e formuladores de política têm dispensado considerável atenção ao estudo da eficiência e produtividade. De uma perspectiva aplicada, o estudo da eficiência tornou-se importante porque este é o principal passo de um processo que pode conduzir a uma economia substancial de recursos. Os recursos poupados têm implicações importantes para a formulação de políticas e para a administração da empresa, sendo os ganhos em eficiência particularmente importantes em períodos de *stress* financeiro e em ambientes competitivos (BRAVO-URETA & RIEGER, 1991).

Segundo LOVELL (1993) a principal razão para medir a eficiência de uma empresa é que a eficiência é um indicador de sucesso, uma medida da desempenho, pelas quais as empresas devem ser avaliadas.

A medição e análise da eficiência poderá ser útil para fins estratégicos (comparação com outras empresas), táticos (permitir às empresas identificarem fatores prejudiciais ao seu desempenho técnico e econômico), de planejamento (comparar os resultados do uso de diferentes combinações de fatores) ou outros relacionados à sua administração interna.

Para as instituições ligadas a P & D a avaliação da eficiência poderá ser útil à proposição de ações que efetivamente contribuam para o melhoramento da eficiência atual das empresas, no desenvolvimento de novas tecnologias para aumentar a produtividade e no reconhecimento do *gap* entre o potencial de produção de uma tecnologia e o atual nível de produção obtido.

Uma vez quantificada a ineficiência e os seus fatores condicionantes identificados, muitos prejuízos poderão ser evitados. Por outro lado, a identificação dos fatores condicionantes de níveis elevados de eficiência poderão ser também extremamente valiosos e relevantes, podendo as empresas de elevada eficiência tornarem-se referência ou *benchmarks* para as demais.

Métodos econométricos e de programação matemática, respectivamente, Fronteiras Estocásticas e *Data Envelopment Analysis* - DEA (LOVELL, 1993) são os principais métodos utilizados para análise de eficiência de empresas.

O presente trabalho introduz o Método *DEA* que emprega programação linear para construir uma superfície não paramétrica ou fronteira sobre os dados de insumo-produto de sistemas de produção de leite e calcula a eficiência relativa a esta superfície. A eficiência pode ser técnica - refletindo a habilidade de determinada empresa em obter o máximo de produto, dado o conjunto de insumos utilizados; alocativa - refletindo a habilidade da empresa em utilizar insumos em proporções ótimas, dados os seus respectivos preços; e de escala - nesse caso, uma empresa eficiente será aquela que opera na sua escala de tamanho mais produtiva, experimentando retornos constantes<sup>4</sup> de escala. Será ineficiente se excede a sua escala de tamanho mais produtiva, experimentando retornos não-crescentes<sup>5</sup> de escala ou se opera abaixo da sua escala de tamanho mais produtiva, deixando de obter a vantagem completa dos retornos crescentes<sup>6</sup> de escala.

<sup>3</sup> Mestre em Ciências - área de Economia Aplicada do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL - Secretaria. Agric., Campinas, SP. E-mail: [mvieira@ital.org.br](mailto:mvieira@ital.org.br)

<sup>4</sup> Retorno constante de escala significa que um aumento proporcional nos insumos resulta em aumento proporcional do produto.

<sup>5</sup> Retorno não-crescente de escala significa que um aumento proporcional nos insumos resulta em aumento menos do que proporcional do produto.

<sup>6</sup> Retorno crescente à escala significa que um aumento proporcional nos insumos resulta em aumento mais do que proporcional do produto.

O método *DEA* aplicado a sistemas de produção de leite pode gerar medidas de eficiência para cada sistema, permitindo classificá-los, por exemplo, em relação a eficiência na produção de leite, dado o número de vacas no rebanho, as quantidades de concentrado e volumosos consumidos, o número de empregados e a área de pastagem utilizada. Considerando que não há produção de leite, sem vacas, alimentos, mão-de-obra para manejar o rebanho, etc., como otimizar todo este conjunto, dada a produção de leite, ou melhor, dado todo este conjunto de fatores de produção, qual a produção ótima projetada para determinado sistema de produção? Quais os produtores que estão otimizando a sua produção de leite, em função do seu número de vacas, quantidade de alimentos fornecidos ao rebanho anualmente, área de pastagens e mão-de-obra empregada? Todas estas questões poderão ser respondidas empregando-se *DEA*.

Um tratamento bem detalhado do método *Data Envelopment Analysis (DEA)*, pode ser encontrado em SEIFORD and THRALL (1990), LOVELL (1993), ALI and SEIFORD (1993), LOVELL (1994), CHARNES et al (1995) e SEIFORD (1996).

Vários estudos envolvendo eficiência e produtividade como indicadores de competitividade constam da literatura internacional podendo-se citar como setores envolvidos empresas aéreas, farmácias, empresas prestadoras de serviços na área de energia elétrica, telefonia, água, empresas da área de educação incluindo-se escolas públicas, vários tipos de indústrias, hospitais, agricultura, supermercados, bancos, etc.

No Brasil, pode-se citar os trabalhos de MOITA (1995) analisando a eficiência de escolas municipais, TUPY (1996) analisando a eficiência na produção de frangos de corte de integrações avícolas, MARINHO (1997) analisando a eficiência de universidades federais, ALVES & GOMES (1998), GOMES (1999), TUPY & YAMAGUCHI (2002) analisando produtores de leite TUPY (2002) analisando redes de supermercados e TUPY et al. (2003) analisando a ineficiência econômica na produção de leite B no Estado de São Paulo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados referem-se a 38 produtores de leite do tipo B ligados a 16 cooperativas de laticínios do Estado de São Paulo. As variáveis de decisão utilizadas para construção da fronteira de eficiência foram a produção de leite anual (PLEITE), o número de vacas secas e em lactação (NVAC), a quantidade consumida de concentrado anualmente pelo rebanho (CCONC), a quantidade de volumosos consumidos como cana-de-açúcar com uréia e silagem de milho (CVOL), número de funcionários (NEMP) e área de pastagem (APAST).

As estatísticas descritivas das variáveis de decisão constam do Quadro 1 abaixo:

QUADRO 1 – Estatísticas Descritivas das variáveis de decisão (n=38).

	PLEITE (KG)	NVAC	CCONC (TON)	CVOL (TON)	NEMP	APAST (HA)
MÉDIA	313.543	85	250,1	557,43	4	39,10
D.PADRÃO	470.060	90	894,3	942,43	5	38,10
MÍNIMO	25.000	15	1,5	3	1	2
MÁXIMO	2737500	500	5.568	5574,5	28	140

Fonte: Dados da Pesquisa.

## O Modelo de Programação Linear – *DEA*.

O problema de programação linear (*DEA*) formulado para calcular a eficiência produtiva (COELLI, 1996) consta da equação (1) a seguir:

$$\begin{aligned} & \text{Mín}_{\theta, \lambda} \theta & (1) \\ & \text{St} \\ & - y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned}$$

onde  $\theta$  é um escalar, cujo valor será a medida de eficiência da *i-ésima* firma, sistema de produção de leite (SPL) ou produtor de leite, tratados doravante como *DMU (Decision-Making Unit)*. O parâmetro  $\lambda$  é um vetor  $N \times 1$ , cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para uma *DMU* ou SPL eficiente, todos os valores de  $\lambda$  serão zero; para uma *DMU* ineficiente, os valores de  $\lambda$  serão os pesos utilizados na combinação linear de outras *DMU*'s eficientes, que influenciam a projeção daquela ineficiente sobre a fronteira calculada. Isto significa que, para uma *DMU* ineficiente, existe pelo menos uma *DMU* eficiente, cujos pesos calculados fornecerão a firma virtual da firma ineficiente, mediante combinação linear. Os sistemas ou *DMU*'s eficientes que, quando combinados, fornecem a firma virtual para a *DMU* ineficiente são considerados como *benchmarks* para aquela *DMU* (COELLI, 1996).

O valor de  $\theta$  obtido será o escore de eficiência para a *i-ésima DMU* e satisfará a condição de que  $\theta \leq 1$ , com o valor de 1 indicando um ponto na fronteira e portanto uma *DMU* eficiente. Note que o problema de programação linear deve ser resolvido  $N$  vezes, uma para cada *DMU* na amostra.

A medida de eficiência obtida da equação (1) é orientada para os insumos, pressupondo retornos constantes de escala (RC) para a tecnologia.

#### Procedimentos para implementar o modelo de programação e calcular os escores de eficiência das DMU's.

A solução do problema de programação linear da equação (1) forneceu os escores de eficiência neste trabalho. Na referida equação,  $X$  é a matriz de insumos (NVAC, CCONC, CVOL, NEMP E APAST) de dimensões  $(K \times N)$ , e  $Y$  o vetor de produtos (PLEITE) de dimensões  $(M \times N)$  representando os dados de todas as DMU's da amostra. Têm-se ainda,  $x_i$  o vetor coluna de insumos e  $y_i$  o vetor coluna de produtos representando a  $i$ -ésima DMU.

O problema DEA representado na equação (1) tem uma boa interpretação intuitiva. Essencialmente o problema toma a  $i$ -ésima DMU e então procura contrair radialmente o vetor de insumos,  $x_i$ , tanto quanto possível, enquanto permanece ainda, dentro do conjunto possível dos insumos. O limite interior deste conjunto é uma *piece-wise linear isoquant* (Figura 1), determinada pelos pontos dos dados observados, isto é, de todas as DMU's da amostra. A contração radial do vetor de insumo,  $x_i$ , produz um ponto projetado,  $(X\lambda, Y\lambda)$ , sobre a superfície desta tecnologia. Este ponto projetado é uma combinação linear dos pontos dos dados observados. As restrições na equação (1) asseguram que este ponto projetado não fique fora do conjunto possível.

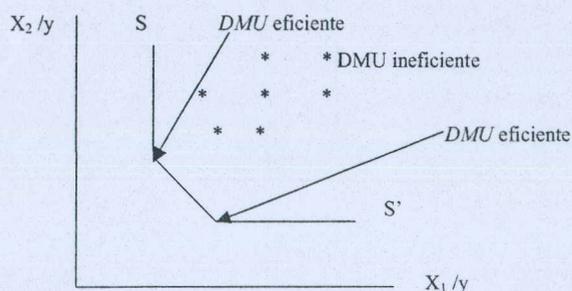


FIGURA 1- Piece-wise Linear Convex Unit Isoquant.

O programa utilizado para implementar a solução do problema de programação linear foi o DEAP - A Data Envelopment Analysis Program - desenvolvido por COELLI (1996).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os escores de eficiência técnica das 31 médias, pressupondo retornos constantes de significando que as mesmas empregaram, respectivamente, vacas, concentrados, vol empregados e pastagens, do que o necessário

Pode-se verificar no Quadro 2, que 10, 14, 18, 19, 23, 24, 25, 28, 33, 34 e 35) na que 15 deles se posicionaram abaixo da méd 22, 17, 2, 5, 11, 30, 32, 27, 39 e 8).

QUADRO 2 – Sumário de Eficiência

<i>DMU's (SPL's)</i>	Eficiência	<i>Benchmarks</i>
(1)	(2)	(3)
1	1,000	
2	0,767	3,19,14 e 10
3	1,000	3
4	1,000	4
5	0,604	19,14 e 27
6	1,000	6
7	0,795	10,14 e 19
8	0,263	34,19 e 3
9	0,829	19,14 e 34
10	1,000	10
11	0,574	14 e 10
12	0,855	14,3 e 10
13	0,973	6,3,14 e 10
14	1,000	14
15	0,902	27,23 e 19
16	0,835	1,27 e 3
17	0,775	19, 14 e 27
18	1,000	18
19	1,000	19
20	0,789	14 e 27
21	0,779	19,27 e 14
22	1,000	22
23	1,000	23
24	1,000	24
25	0,933	4,19 e 10
26	0,481	22 e 14
27	1,000	27
28	0,851	1, 27 e 3
29	0,544	10,14 e 6
30	0,910	23,19 e 27
31	0,495	27,23 e 19
32	1,000	32
33	1,000	33
34	1,000	34
35	0,783	14 e 27
36	0,847	34,19,18 e 32
37	0,882	34,10 e 3
38	0,452	14,19 e 10
Média	0,84	

Fonte: Dados da pesquisa.

A terceira coluna do Quadro 2 mostra as *DMU's* de referência ou "*benchmarks*" em relação as quais cada *DMU* foi avaliada, ou seja, as *DMU's* que definiram a parte relevante da fronteira para cada *DMU* na amostra.

O *DEAP* gera relatórios individuais para as *DMU's*, o que é de importância fundamental para a gestão de cada sistema de produção. No Quadro 3 pode-se observar um dos relatórios emitidos, no caso, a *DMU* 11, que obteve uma eficiência técnica média de 57,4 %, estimada em relação aos seus *benchmarks*. Esta estimativa mostra que a *DMU* 11 empregou 42,60 % mais capital e mão-de-obra (vacas, concentrados, volumosos, empregados e pastagens) do que o necessário para o nível de produção de leite obtido. A produção média por vaca da *DMU* 11 foi de 2.300 kg de leite, 1.777 kg de leite por tonelada de concentrado, 287 kg de leite por tonelada de volumoso, 97.766 kg de leite por empregado e de 6.518 kg de leite por hectare aproximadamente. A produção de leite por vaca do seu principal *benchmark* (maior  $\lambda$ ), conforme consta do Quadro 4, foi de 4.478 kg de leite, 4138 kg de leite por tonelada de concentrado, 660 kg de leite por tonelada de volumoso, 156.725 kg de leite por empregado e de 28.495 kg de leite por hectare aproximadamente.

O Quadro 3 registra para a *DMU* 11 a diferença entre os fatores de produção utilizados e os projetados com base na fronteira de produção construída com base nos *benchmarks* 10 e 14, ou seja, o excesso de vacas, concentrados, volumosos, empregados e pastagens para o nível de produção observado.

Os sistemas de produção utilizados como *benchmarks* na amostra foram os de número 1, 3, 4, 6, 10, 14, 18, 19, 22, 23, 27, 32 e 34, respectivamente, 2, 7, 1, 2, 9, 14, 1, 13, 1, 3, 10, 1 e 4 vezes, sobressaindo-se os sistemas 3, 10, 14, 19 e 27, respectivamente 7, 10, 14, 13 e 10 vezes.

Os sistemas de produção de leite avaliados neste trabalho foram visitados pela equipe de pesquisadores deste trabalho e pôde-se constatar que os sistemas mais eficientes são sistemas que exploram pastejo intensivo (embora com limitações), possuem vacas holandesas e suplemento volumoso de melhor qualidade. Contudo, mesmo para os produtores mais eficientes existe um *gap* entre o sistema de produção preconizado pela pesquisa e o seu sistema de produção. Quanto aos sistemas menos eficientes ficou evidente a qualidade inferior dos animais (mestiços europeu-zebu), das pastagens e dos volumosos empregados.

QUADRO 3 – Sumário de Eficiência da DMU 11.

Eficiência Técnica ( $\theta$ ): 0,574 ou 57,4 %			
Sumário da DMU			
Variáveis	Valor observado	Valor projetado	Excesso
PLEITE (KG)	391.065	391.065	
NVAC	170	77	93
CCONC (TON)	220	126,20	93,80
CVOL (TON)	1360	659,61	700,90
NEMP	4	2	2
APAST(HA)	60	10,5	49,50
<i>Benchmarks: 14</i> Peso ( $\lambda$ ) = 0,365 e 10 peso ( $\lambda$ ) = 0,208			

Fonte: Dados da Pesquisa.

QUADRO 4 – Sumário de Eficiência da DMU 14.

Eficiência Técnica ( $\theta$ ): 1,000 OU 100 %			
Sumário da DMU			
Variáveis	Valor observado	Valor projetado	Excesso
PLEITE (KG)	626.900	626.900	-
NVAC	140	140	-
CCONC (TON)	151,50	151,50	-
CVOL (TON)	950	950	-
NEMP	4	4	-
APAST(HA)	22	22	-
<i>Benchmarks: 14</i> Peso ( $\lambda$ ) = 1,000			

Fonte: Dados da Pesquisa.

## CONCLUSÕES

Nas duas últimas décadas pr preocupação de medir e analisar a efici no Brasil. Nessa perspectiva o trabal análise de eficiência de sistemas de produtores de leite do tipo B ligados estimativas de eficiência obtidas neste amostra analisada estão operando em n eficiência estimada é relativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALI, A. I.; and L.M. SEIFORD "T Analysis". In: Fried, H.O., C.A. K. **Productive Efficiency: Techniques** 1993. P.120-159.
- ALVES, E.; GOMES, A. P. Medidas **Economia**, v. 52, n. 1, p. 145-167, 199
- BRAVO-URETA, B. E. & RIEGER **frontiers and neoclassical duality. Am** 426, 1991.
- CHARNES, A.; W.W. COOPER; **Analysis: Theory, Methodology ar** 1995.
- COELLI, T.J. **A guide to DEAP vers** Austrália: University of New England.
- GOMES, A.P. **Impactos das Tra** **Produtores e Requerimentos de M** (Tese de Doutorado em Economia Ru
- LOVELL, C.A.K. "Production Front **LOVELL and S.S. SCHMIDT (Eds.).** **and Applications**, Oxford University

LOVELL, C.A.K. Linear Programming Approaches to the Measurement and Analysis of Productive Efficiency, *Top*, v.2, p.175-248, 1994.

SEIFORD, L.M. Data envelopment analysis: the evolution of the state of the art (1978-1995). *Journal of Productivity Analysis*, v.7, n.2, p.99-138, 1996.

SEIFORD, L.M.; THRALL, R.M. Recent developments in DEA: the mathematical approach to frontier analysis. *Journal of Econometrics*, v. 46, n.1, p. 7-38, 1990.

MARINHO, A. Brazilian federal universities: relative efficiency evaluation and data envelopment analysis. Rio de Janeiro: CERES-FGV, 1997. 28p.

MOITA, M.H.V. Medindo a eficiência relativa de escolas municipais da cidade do Rio Grande – RS usando a abordagem DEA (Data analysis envelopment). Florianópolis: UFSC, 1995. 105p. Dissertação. Mestrado em Engenharia da Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

TUPY, O. Fronteiras estocásticas, dualidade neoclássica e eficiência econômica na Produção de frangos de corte. Tese de Doutorado. ESALQ/USP, 1996. 91p.

TUPY, O. & YAMAGUCHI, L. T. Identificando *benchmarks* na produção de leite. *Revista Brasileira de Sociologia e Economia Rural – SOBER*. v. 40, n.1, p.193-208, 2002.

TUPY, O. Eficiência produtiva de supermercados. *Revista da Uniará*. n. 10, p.57-65, 2002.

TUPY, O.; FREITAS, A R.; ESTEVES, N. S.; SCHIFFLER, E. A. ; VIEIRA, M.C. Eficiência Econômica na produção de leite tipo B no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*. v. 33 n. 2, p.14-20, 2003.