

# EFICIÊNCIA NAS EMPRESAS DE DIAGNÓSTICO HUMANO<sup>1</sup> DO CLUSTER<sup>2</sup> MINEIRO DE BIOTECNOLOGIA

**Héder Carlos de Oliveira**

Mestrando em Economia – Cedeplar/UFMG

Bolsista CNPq

E-mail: oliveira@cedeplar.ufmg.br

**Adriano Provezano Gomes**

Doutor em Economia Aplicada – UFV/MG

Professor do Departamento de Economia – UFV

E-mail: apgomes@ufv.br

## RESUMO:

O setor mineiro de biotecnologia vem apresentando desempenho satisfatório, com níveis adequados de qualidade e competitividade. Destaque deve ser dado ao cluster formado por empresas nas regiões de Belo Horizonte e de Montes Claros. As empresas de diagnóstico humano do cluster vêm apresentando crescimento considerável, além de buscarem a capacidade de competir nos mercados onde atuam. Nesse sentido, a análise de eficiência das empresas de diagnóstico humano presentes no cluster mineiro é de grande importância. O objetivo deste trabalho foi calcular medidas de eficiência relativa para empresas do segmento de diagnóstico humano, utilizando-se a técnica não-paramétrica conhecida como análise envoltória de dados, em uma amostra de oito empresas. O cálculo de medidas de eficiência relativa tem sido utilizado para medir a posição que uma empresa ocupa em determinado grupo. Tendo como referência as empresas eficientes, foram calculadas as possíveis reduções que poderiam ser realizadas no uso dos insumos, por parte das ineficientes, sem comprometer seu volume de produção. O trabalho permitiu concluir que 37,5% das empresas analisadas foram consideradas ineficientes e que as reduções no uso dos insumos são da ordem de 2%, com destaque para o item despesas operacionais e energia. Pela comparação das empresas eficientes e ineficientes, segundo alguns indicadores de desempenho técnico e econômico, podem-se verificar diferenças entre esses dois grupos de empresas. Na atual circunstância de extrema competição, qualquer economia realizada pode significar a permanência da empresa no mercado.

Palavras-Chaves: cluster, medidas de eficiência, métodos não-paramétricos, Biotecnologia.

## ABSTRACT:

*The biotechnology sector from Minas Gerais state has been presenting satisfactory performance, with adequate level of quality and competitiveness. We should draw our attention to the cluster formed by companies in the Belo Horizonte and Montes Claros areas. The companies of human diagnostic of cluster have been presenting a considerable growth, besides searching the capacity to compete in the markets where they act. In this direction, the analysis of efficiency of the companies of human diagnostic found in the Minas Gerais cluster is of great importance. The aim of this work was to calculate measures of relative efficiency for companies of the segment of human diagnoses, using the non parametrical technique known as analysis envelopment of data, using a sample of eight companies. The calculation of measures of relative efficiency has been used to measure the position that a company occupies in a determined group. Taking as reference the efficient companies, the possible reduction that could be made in the use of the source were calculated, on the inefficient companies, without compromising its volume of production. The work allowed us to conclude that 37.5% of the analyzed companies were considered inefficient and that the reduction in the use of sources is in the range of 2%, with prominence for the item operational expenditures and energy. From the comparison of the efficient and inefficient companies, according to some indicators of technical and economical performance, differences can be perceived between these two groups of companies. In the present circumstances of extreme competition, any saving achieved may mean the survival of the company in the market.*

*Key Words: industrial agglomerations, efficiency measure, non parametric methods, Biotechnology*

## 1. INTRODUÇÃO

A globalização é um conceito de conotações muito amplas e, portanto, com vários sentidos para diferentes pessoas. Sob a ótica econômica, globalização significa integração de mercados nacionais. Inicialmente por intermédio do comércio internacional de bens e serviços, agora, também, pela crescente integração dos mercados internacionais de capitais.

Na raiz do fenômeno globalização encontra-se, em última análise, a busca da eficiência técnica e econômica. Não do ponto de vista de uma empresa ou de um setor, mas da economia como um todo em relação ao resto do mundo.

O problema fundamental consiste em organizar e orientar o sistema econômico a operar com preços e custos competitivos internacionalmente seja para exportar bens e serviços, seja para competir no mercado interno com produtos oriundos do exterior.

Nesse ponto é que a política da livre concorrência exerce papel fundamental como orientadora das forças de mercado. De fato, quando se fala de competição econômica no contexto de uma economia globalizada, muitas vezes está-se falando em termos de alocação eficiente de recursos nos usos que possam ser, social e economicamente mais rentáveis.

É preciso, portanto, preservar e dinamizar o esforço de mudança em direção à eficiência técnica e econômica global da economia brasileira.

Contudo, para que uma economia seja eficiente, não basta que produza mercadorias a custo mínimo, mas ela também deverá produzir combinações de mercadorias que as pessoas estejam dispostas a adquirir. Os setores da economia que possuem essa capacidade de combinações de mercadorias serão eficientes técnica e economicamente, dominando assim o mercado.

As empresas de Diagnóstico Humano, presentes no *Cluster* Mineiro de Biotecnologia vêm apresentando grande crescimento. No biênio 1999-2000 tais empresas registraram uma taxa de crescimento de 41,92%. Além disso, as empresas vêm ganhando grande destaque no mercado nacional e internacional com seus produtos de qualidade e inovadores. Um exemplo é a empresa Biobrás, que recebeu o prêmio FINEP Inovação Tecnológica do ano de 2000 (Prêmio Ouro), e única fabricante de insulina na América Latina.

Apesar das empresas de Diagnóstico Humano do *Cluster* Mineiro de Biotecnologia estarem inseridas numa estrutura organizada com vantagens competitivas e elevada taxa de crescimento é possível considerar que exista ineficiência por parte dessas empresas.

Nesse sentido, a análise da eficiência das empresas de Diagnóstico Humano do *Cluster* Mineiro de Biotecnologia é de fundamental importância, uma vez que se pretende, não só competir neste mercado cada vez mais globalizado, como também aumentar a participação do faturamento no *cluster*.

O objetivo deste trabalho foi analisar a eficiência das empresas do setor de Diagnóstico Humano presentes no

*Cluster* de Biotecnologia no Estado de Minas Gerais, utilizando-se a técnica não-paramétrica conhecida como Análise Envoltória de Dados, classificando-as como eficiente ou ineficientes, projetando as empresas ineficientes para a fronteira eficiente calculada e, comparar as empresas eficientes e ineficientes, segundo alguns indicadores de desempenho técnico e econômico.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. A Análise Envoltória de Dados e a determinação da fronteira eficiente

Fronteiras de eficiência podem ser estimadas por diferentes métodos. Os dois mais utilizados são as Fronteiras Estocáticas e a Análise Envoltória de Dados (DEA). As Fronteiras Estocáticas consistem em abordagens paramétricas, sendo estimadas por métodos econométricos, enquanto a técnica DEA é uma abordagem não-paramétrica, que envolve programação matemática em sua estimação.

Na abordagem paramétrica, estima-se uma função fronteira de produção, utilizada para caracterizar uma transformação eficiente de insumos em produtos. A medida de eficiência relativa de uma firma é determinada pela comparação do produto observado nessa firma, dado um conjunto de insumos, ao produto "ideal", com os mesmos níveis de insumos. Esse produto ideal, na abordagem paramétrica, é calculado pela função de produção teórica estimada. A dificuldade reside no fato de que a função de produção teórica requer que se explicita a formulação da relação funcional entre os insumos e os produtos. Essa dificuldade aumenta quando se busca uma forma funcional teórica para processos de produção mais complexos, ou seja, processos que envolvem múltiplos insumos e produtos (Gomes, 1999).

Na abordagem não-paramétrica ou de programação matemática, atribui-se propriedades formais a satisfazer pelos pontos pertinentes no espaço eficiente de produção. Esse espaço ou fronteira de produção fica diretamente especificado mediante a resolução de um sistema de equações lineares. A eficiência de uma unidade produtiva se mede com base na sua posição com respeito a essa fronteira, comparando os insumos que utiliza com os que seriam suficientes para produzir seu volume de produto (orientação para os produtos) ou também comparando os produtos que produz com os que poderia alcançar com os fatores produtivos que emprega (orientação para os insumos).

O enfoque não-paramétrico permite levar ao extremo, avaliações de eficiência multi-produto e multi-insumo oferecendo uma fotografia ampla das variáveis utilizadas no processo de produção.

A vantagem mais evidente é sobre o fato de que a função de produção ou fronteira de eficiência se constrói empiricamente a partir das observações de insumos e produtos. Portanto, não requer nenhum tipo de estimação ou imposição de hipóteses sobre a forma da função de produção das

unidades avaliadas. Com efeito, a técnica se centra em observações individuais representadas por igual número de restrições lineares construindo uma fronteira com aquelas observações que mostram um rendimento relativo superior. Em contraste, os métodos de regressão se baseiam em estimações de parâmetros associados a uma única e pouco realista equação de regressão.

O estudo das medidas de eficiência, baseado em técnicas não-paramétricas, teve início com Farrel (1957), que propôs um modelo empírico para eficiência relativa, em oposição ao modelo de função de produção teórica. Segundo este autor, é melhor determinar uma medida de eficiência de uma firma comparando-a com o melhor nível de eficiência até então observado, do que compará-la com algum ideal inatingível. A fronteira de eficiência, nessa formulação, é construída pelos valores observados de insumos e produtos, e não por valores estimados.

Farrel (1957) definiu uma simples medida para uma firma eficiente que utiliza múltiplos insumos. Segundo este autor, a eficiência de uma firma consiste de dois componentes – eficiência técnica, que reflete a habilidade da firma em obter máximo produto, dado um conjunto de insumos; e eficiência alocativa, que reflete a habilidade da firma em utilizar os insumos em proporções ótimas, dados seus preços relativos. Essas duas medidas são combinadas para se obter uma medida de eficiência econômica total.

Com base nas análises de eficiência, propostas por Farrel (1957), os autores Charnes et al. (1978) deram início ao estudo da abordagem não-paramétrica para a análise de eficiência relativa de firmas com múltiplos insumos e produtos, cunhando o termo *data envelopment analysis* (DEA).

Uma pressuposição fundamental na técnica DEA é que, se dada firma A é capaz de produzir  $Y(A)$  unidades de produto, utilizando-se  $X(A)$  unidades de insumos, outras firmas poderiam também fazer o mesmo, caso elas estejam operando eficientemente. De forma similar, se uma firma B é capaz de produzir  $Y(B)$  unidades de produto, utilizando-se  $X(B)$  de insumos, então outras firmas poderiam ser capazes de realizar o mesmo esquema de produção. Caso as firmas A e B sejam eficientes, elas poderiam ser combinadas para formar uma firma composta, que utiliza uma combinação de insumos para produzir uma combinação de produtos. Desde que essa firma composta não necessariamente exista, ela é denominada firma virtual. A análise DEA consiste em encontrar a melhor firma virtual para cada firma da amostra. Caso a firma virtual seja melhor do que a firma original, ou por produzir mais com a mesma quantidade de insumos, ou por produzir a mesma quantidade com menos insumos, a firma original será ineficiente. Segundo Pereira (1995), o problema de escolhas das melhores firmas ou a melhor combinação entre elas é um típico problema de programação linear, o qual forma a base para as estimativas dos modelos DEA.

Os modelos DEA são baseados em uma amostra de dados observados para diferentes firmas. Esses dados são

constituídos de insumos e produtos. O objetivo é construir um conjunto de referência convexo, a partir dos próprios dados das firmas, e então classificá-las em eficientes ou ineficientes, tendo como referencial essa superfície formada. De acordo com as pressuposições específicas de cada modelo, o conjunto referência admitirá determinada forma. Nessas pressuposições estão contidas as informações a respeito do tipo de retorno à escala.

Segundo Moita (1995), para formar o conjunto referência em um modelo com retornos constantes à escala, inicialmente, as quantidades de insumos e produtos de cada firma são representadas por um ponto. Se existirem  $k$  insumos e  $m$  produtos, cada firma será representada por um ponto no espaço  $(k+m)$ . Em seguida, traçam-se raios que saem da origem e passam por esses pontos. As combinações convexas desses raios formarão o conjunto de referência do modelo com retornos constantes à escala.

Para se medir a eficiência de uma firma, comparam-se os níveis de insumos e produtos dessa firma com os possíveis níveis encontrados no conjunto referência. Caso existam níveis de insumo e produto no conjunto referência, os quais estritamente dominem a firma que está sendo testada, então essa firma será ineficiente. Por outro lado, uma firma é eficiente quando nenhuma outra firma, ou a combinação de firmas, no conjunto referência, produz mais produtos com os mesmos ou menos insumos; ou quando nenhuma outra firma no conjunto referência produz os mesmos ou mais produtos, utilizando-se menos insumos. Nesse sentido, o objetivo da DEA consiste em construir uma fronteira envoltória sobre os dados, de forma que todos os pontos observados estejam sobre essa fronteira de produção, ou abaixo dela (Gomes, 1999).

Cabe também a observação de que, na literatura relacionada com modelos DEA, uma firma é tratada como DMU (*decision making unit*), uma vez que desses modelos provém uma medida para avaliar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão.

Considere que existam  $k$  insumos e  $m$  produtos para cada  $n$  DMUs. São construídas duas matrizes – a matriz  $X$  de insumos, de dimensão  $(k \times n)$ , e a matriz  $Y$  de produtos, de dimensões  $(m \times n)$ , representando os dados de todas as  $n$  DMUs:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{k1} & x_{k2} & \dots & x_{kn} \end{pmatrix}, \quad Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Na matriz  $X$ , cada linha representa um insumo e cada coluna representa uma DMU; na matriz  $Y$ , cada linha representa um produto e cada coluna uma DMU (Gomes, 1998).

Alves (1996) salientou que a matriz  $X$  deve satisfazer às seguintes condições:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^k x_{ij} &> 0, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} &> 0, \\ x_{ij} &\in 0, \forall_{ij}. \end{aligned} \quad (2)$$

Isso significa que os coeficientes são não – negativos e que cada linha e cada coluna contenha, pelo menos, um coeficiente positivo, isto é, cada DMU consome ao menos um insumo e uma DMU, pelo menos, consome o insumo que está em cada linha.

De forma semelhante, a matriz Y satisfaz às seguintes condições:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m y_{ij} &> 0, \\ \sum_{j=1}^n y_{ij} &> 0, \\ y_{ij} &\in 0, \forall_{ij}, \end{aligned} \quad (3)$$

ou seja, os coeficientes são não – negativos, cada produto é produzido por uma DMU, pelo menos, e cada DMU produz pelo menos um produto.

Assim, para a *i*-ésima DMU, são representados os vetores  $x_i$  e  $y_i$ , respectivamente, para insumos e produtos. Para cada DMU, pode-se obter uma medida de eficiência, que é a razão entre todos os produtos e todos os insumos. Para a *i*-ésima DMU, tem-se:

$$\begin{aligned} \text{Eficiência da DMU}_i &= \\ = \frac{u' y_i}{v' x_i} &= \frac{u_1 y_{1i} + u_2 y_{2i} + \dots + u_m y_{mi}}{v_1 x_{1i} + v_2 x_{2i} + \dots + v_k x_{ki}} \end{aligned} \quad (4)$$

em que  $u$  é um vetor ( $m \times 1$ ) de pesos nos produtos e  $v$  é um vetor ( $k \times 1$ ) de pesos nos insumos. Verifica-se que a medida de eficiência será um escalar, devido às ordens dos vetores que a compõem.

A pressuposição inicial é de que essa medida de eficiência requer um conjunto comum de pesos que será aplicado em todas as DMUs. Entretanto, segundo Dyson et al. (1990), existe certa dificuldade em obter um conjunto comum de pesos para determinar a eficiência relativa de cada DMU, pois as DMUs podem estabelecer valores para os insumos e produtos, de modos diferentes, e adotarem diferentes pesos. É necessário, então, estabelecer um problema que permita que cada DMU possa adotar o conjunto de pesos que for mais favorável, comparativamente com as outras unidades. Para selecionar os pesos ótimos para cada DMU, especifica-se um problema de programação matemática. Para a *i*-ésima DMU, tem-se

$$\text{Max}_{u,v} \left( \frac{u' y_i}{v' x_i} \right) \quad (5)$$

sujeito a:

$$\begin{aligned} (u' y_j / v' x_j) &\leq 1, j = 1, 2, \dots, n, \\ u, v &\in 0 \end{aligned}$$

Essa formulação envolve a obtenção de valores para  $u$  e  $v$ , de tal forma que a medida de eficiência para a DMU seja maximizada, sujeita à restrição de que as medidas de eficiência de todas as DMUs sejam menores ou iguais a um. Segundo Moita (1995), a característica chave deste modelo é que os pesos  $u$  e  $v$  são tratados como incógnitas, sendo escolhidos de maneira que a eficiência da *i*-ésima DMU seja maximizada. Caso a eficiência obtida para a DMU, que está sendo testada, seja igual a um, ela será eficiente em relação às demais; caso contrário, será ineficiente.

O modelo pode ser linearizado, tornando possível sua solução por meio de métodos de programação linear convencionais. A formulação linearizada é a seguinte:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{u,v} (u' y_i) \\ \text{sujeito a:} \\ v' x_i &= 1, \\ u' y_j - v' x_j &\leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n, \\ u, v &\in 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Na análise DEA, o modelo linear deve ser aplicado a cada DMU, a fim de se obterem, uma a uma, as medidas de eficiência. Entretanto, como a maioria das restrições é a mesma para cada problema, a solução torna-se simples.

Por meio da dualidade em programação linear, pode-se derivar uma forma envoltória do problema anterior:

$$\begin{aligned} \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta, \\ \text{sujeito a:} \\ - y_i + Y\lambda &\geq 0, \\ \theta x_i - X\lambda &\geq 0, \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \quad (7)$$

em que  $\theta$  é um escalar, cujo valor será a medida de eficiência da *i*-ésima DMU. Caso o valor de  $\theta$  seja igual a um, a DMU será eficiente; caso contrário, será menor que um. O parâmetro  $\lambda$  é um vetor ( $n \times 1$ ), cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para uma DMU 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 DMUs eficientes, que influenciam a projeção da DMU ineficiente sobre a fronteira calculada. Isto significa que, para uma unidade ineficiente, existe pelo menos uma unidade eficiente, cujos pesos calculados fornecerão a DMU virtual

da unidade ineficiente, mediante combinação linear. As unidades eficientes que, quando combinadas, fornecem a DMU virtual para a unidade ineficiente são conhecidas como pares ou *benchmarks* daquela DMU (Gomes, 1999).

Segundo Coelli et al. (1998), o problema apresentado nessa forma envoltória (dual) envolve menor número de restrições do que o primal. Como no primal existem  $(k + m)$  variáveis, o dual terá  $(k + m)$  restrições, que é menor que as  $(n + 1)$  restrições do primal, uma vez que o número de DMUs é, geralmente, superior à soma do número de insumos mais o número de produtos. Nesse sentido, o dual é preferível ao primal, pois consome menos tempo para ser resolvido. Novamente, é importante notar que o problema deve ser resolvido  $n$  vezes, isto é, uma vez para cada DMU da amostra (Gomes, 1999).

O modelo, nesta forma, pressupõe retornos constantes à escala, podendo ser reformulado, com o objetivo de possibilitar retornos variáveis às DMUs analisadas. Essa proposta foi inicialmente feita por Banker, Charnes e Cooper (1984), cujo modelo ficou conhecido como BCC, devido às iniciais dos nomes dos autores. O problema de programação linear com retornos constantes pode ser modificado para atender à pressuposição de retornos variáveis, adicionando-se uma restrição de convexidade. Considerando-se o modelo descrito em (7), tem-se:

$$\begin{aligned} & \text{MIN}_{\theta, \lambda} \quad \theta, \\ & \text{sujeito a:} \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & N_1 \lambda = 1, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned} \tag{8}$$

em que  $N_1$  é um vetor  $(n \times 1)$ , de uns. Essa abordagem forma uma superfície convexa de planos em interseção, a qual envolve os dados de forma mais compacta do que a superfície formada pelo modelo com retornos constantes. Com isto, os valores obtidos para eficiência técnica, com a pressuposição de retornos variáveis, são maiores do que aqueles obtidos com retornos constantes. Se uma firma é eficiente no modelo CCR, então ela também é eficiente no modelo BCC, pois a medida de eficiência técnica, obtida no modelo com retornos constantes, é composta pela medida de eficiência técnica no modelo com retornos variáveis, também chamada de pura eficiência técnica, e pela medida de eficiência de escala.

Para separar essas medidas, realiza-se o procedimento, conduzindo ambos, retornos constantes e variáveis, ao mesmo conjunto de dados. Se existir uma diferença nos valores de eficiência técnica para uma DMU qualquer, isto indica que esta DMU tem ineficiência de escala, que pode ser calculada pela diferença entre os valores das eficiências técnicas com retornos variáveis e com retornos constantes.

A Figura 1, descrita em Gomes (1999), ilustra uma situação que envolve um insumo e um produto. Pode-se tra-

çar as fronteiras eficientes calculadas pela DEA, isto é, a fronteira obtida com retornos constantes (RC) e a obtida com retornos variáveis (RV), sendo essa última descrita pela linha pontilhada.

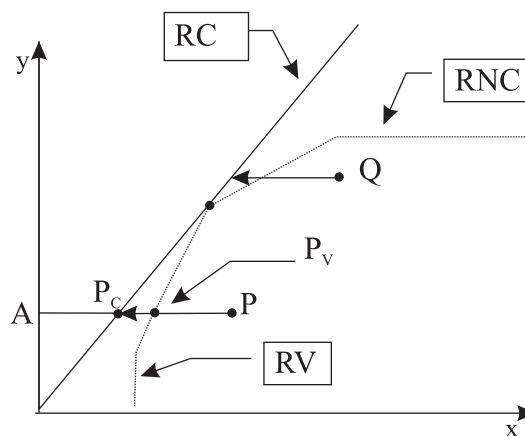


Figura 1: Eficiência técnica e eficiência de escala.

Considere o ponto P na Figura 1. Sob a pressuposição de retornos constantes, a ineficiência técnica do ponto P é dada pela distância  $PP_C$ , enquanto a ineficiência técnica é dada pela distância  $PP_V$ , sob a pressuposição de retornos variáveis. A diferença entre essas duas,  $P_C P_V$ , fornece a ineficiência de escala. As medidas de eficiência do ponto P, em termos de razão, isto é, limitadas entre zero e um, são dadas por:

$$\begin{aligned} ET_{I,RC} &= AP_C / AP, \\ ET_{I,RV} &= AP_V / AP, \\ EE_I &= AP_C / AP_V, \end{aligned} \tag{9}$$

em que o subscrito I indica modelos com orientação insumo; RC, retornos constantes; e RV, retornos variáveis.

Como  $AP_C / AP = (AP_V / AP) \times (AP_C / AP_V)$ , então,  $ET_{I,RC} = ET_{I,RV} \times EE_I$ , isto é, a medida de eficiência técnica com retornos constantes à escala é composta pela eficiência técnica pura e pela eficiência de escala.

Uma falha dessa medida de eficiência de escala é que ela não indica se a DMU está operando na faixa de retornos crescentes ou decrescentes à escala. Sabe-se apenas que, se a medida de eficiência de escala for igual a um, a firma estará operando com retornos constantes à escala; no entanto, se for menor que um, poderão ocorrer retornos crescentes ou decrescentes. Para contornar essa situação, é necessário formular outro problema da programação, impondo a pressuposição de retornos não crescentes ou não decrescentes. Considerando-se o caso de retornos não crescentes, a formulação consiste em alterar a pressuposição de retornos variáveis no modelo DEA. Para isto, basta substituir a restrição  $N_1 \lambda = 1$ , em (8), pela restrição  $N_1 \lambda \leq 1$ .

A fronteira obtida para o modelo com retornos não crescentes (RNC) também está plotada na Figura 1. Nota-se que ela é composta, inicialmente, por uma faixa da fronteira com retornos constantes, com origem em 0, e depois por uma faixa da fronteira de retornos variáveis. Para determinar a natureza da escala de uma DMU qualquer, basta verificar se o coeficiente de eficiência técnica no modelo com retornos não crescentes é igual ao do modelo com retornos variáveis. Se forem diferentes, como é o caso do ponto P, então a DMU terá retornos crescentes à escala. Se forem iguais, como é o caso do ponto Q, ocorrerá uma situação de retornos decrescentes, isto é,

Se  $ET_{RNC} = ET_{RV} \rightarrow$  Retornos decrescentes,

Se  $ET_{RNC} \neq ET_{RV} \rightarrow$  Retornos crescentes.

De forma alternativa, pode-se formular um problema de programação, impondo a pressuposição de retornos não decrescentes à escala. Para isto, basta substituir a restrição  $N^1\lambda \leq 1$  no modelo com retornos não crescentes, pela restrição  $N^1\lambda \geq 1$ .

Assim, para identificar se a firma está operando com retornos crescentes ou decrescentes, basta comparar o resultado encontrado para eficiência técnica, no modelo com retornos variáveis (RV), com aquele encontrado no modelo com retornos não decrescentes (RND), ou seja,

Se  $ET_{RNC} = ET_{RV} \rightarrow$  Retornos crescentes,

Se  $ET_{RNC} \neq ET_{RV} \rightarrow$  Retornos decrescentes.

## 2.2. Procedimento Analítico

O desenvolvimento empírico deste estudo será constituído de três partes. Na primeira utilizar-se-á a análise envoltória de dados (DEA), para se obterem as medidas de eficiência. Na segunda, separar-se-á as empresas em eficientes e ineficientes, de acordo com os valores das medidas de eficiência técnica. Comparar-se-á os grupos de empresas, segundo alguns indicadores de desempenho técnico e econômico. O objetivo dessa parte do estudo será avaliar as diferenças existentes entre as empresas e quantificar as ineficiências na utilização dos insumos, por parte das empresas ineficientes. Na terceira, realizar-se-á a caracterização das empresas eficientes. Comparar-se-á essas empresas, segundo os recursos disponíveis, o perfil tecnológico da produção e os indicadores de eficiência técnica e econômica. Com isto, objetivar-se-á verificar os requerimentos necessários de recursos produtivos, em cada estrato de produtividade.

### 2.2.1. Obtenção das medidas de eficiência

Para executar o modelo, será necessário construir duas matrizes de dados, uma contendo os insumos utilizados pelas empresas, e outra relacionada com produtos. A matriz X de insumos, de ordem  $(k \times n)$ , será composta por k

insumos, utilizados por n empresas. Já a matriz Y de produtos, de ordem  $(m \times n)$ , será composta por m produtos, utilizados por n empresas.

Neste trabalho, utilizar-se-á três variáveis, correspondentes aos insumos ( $k = 3$ ), e uma relacionada com produto ( $m = 1$ ). As variáveis utilizadas serão:

- Custo com mão-de-obra: Gastos com salários dos funcionários;

- Custos Operacionais e Energia: gastos com manutenção e reparos de equipamentos das empresas; e custo realizado com energia elétrica e combustível utilizados no processo de produção.

- Matéria-prima: custos com a matéria-prima utilizada nas empresas;

- Receita: Receita anual da empresa;

Após a organização das matrizes de dados, iniciar-se-á a execução do modelo, utilizando a orientação insumo para o cálculo das medidas de eficiência. Formular-se-á o problema de programação linear, pressupondo-se retornos constantes à escala. O objetivo será obter medidas de eficiência técnica para cada empresa da amostra.

### 2.2.2. Comparação das empresas

Após o cálculo de medidas de eficiência, separar-se-á as empresas em grupos, de acordo com a medida de eficiência técnica obtida no modelo com retornos constantes à escala. A utilização do modelo com retorno constante à escala deve-se ao fato desse modelo englobar a pura eficiência técnica, ou seja, para que a empresa seja tecnicamente eficiente no modelo com retornos constantes, é necessário que seja tecnicamente eficiente em qualquer outro tipo de retorno.

O primeiro grupo será formado pelas empresas eficientes. Uma empresa será considerada tecnicamente eficiente se atingir medida de eficiência técnica igual a 1. O outro grupo de empresas, denominados de ineficientes, serão compostos por aquelas cujas medidas de eficiência técnica forem inferiores a 1.

Após a comparação dos grupos de empresas, calcular-se-á, para as empresas ineficientes, o percentual de redução possível no uso de insumos. Nesse cálculo considerar-se-á as empresas eficientes que servirem de *berchmark* para as ineficientes, ou seja, as reduções corresponderão à projeção das empresas ineficientes para a fronteira eficiente calculada. Assim para cada empresa ineficiente, existirá, pelo menos, outra empresa eficiente que delimitará o ponto na fronteira, no qual o ineficiente será projetado.

Por fim, os indicadores utilizados na comparação serão recalculados para os ineficientes, realizando as reduções nos uso dos insumos (Gomes, 1999).

## 2.3. Dados

Foram utilizados, neste trabalho, dados coletados diretamente de uma amostra de oito empresas<sup>3</sup> do setor de diag-

nóstico humano presentes no cluster de biotecnologia no Estado de Minas Gerais.

Utilizaram-se dados referentes ao produto e insumos gastos na empresa de biotecnologia. Para o produto foi utilizada a seguinte variável:  $Y_1$ , receita medida em reais (R\$). Os dados utilizados para medir os insumos foram:  $X_1$ , gastos com mão-de-obra;  $X_2$ , gastos operacionais e com energia e combustíveis;  $X_3$ , gastos com matéria-prima. Todos os gastos foram medidos em Reais (R\$) verificadas no ano de 2000.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, utilizou-se a programação linear, pressupondo-se retornos constantes à escala para todas as oito empresas de diagnóstico humano presentes no cluster, a fim de se obterem as medidas de eficiência técnica para cada empresa da amostra. Obtidas as medidas, podem-se separar as empresas em dois grupos. O primeiro denominado de eficientes, foi composto por empresas que atingiram índice de eficiência técnica igual 1. Considerando-se tais medidas iguais a 1, cinco empresas foram incluídas nesse grupo, o que representa 62,5% da amostra. O segundo grupo, denominado de ineficiente, foi composto por empresas cujas medidas de eficiência técnica foram inferiores a 1. Esse grupo foi formado por três empresas, o que corresponde a 37,5% da amostra.

Com a introdução de uma restrição de convexidade, podem-se obter as medidas de eficiência, considerando-se retornos variáveis. Com isso, a medida de eficiência com retornos constantes pode ser subdividida em medida de pura eficiência e medida de eficiência de escala, sendo essa última igual a razão entre as medidas de eficiência técnica, nos modelos com retornos constantes e com retornos variáveis. A Tabela 1 sintetiza os resultados obtidos.

**Tabela 1: Medidas de eficiência e tipos de retornos à escala, calculados para as empresas da amostra**

DMU	Efic. técnica Ret. constantes	Efic. Técnica Ret. Variáveis	Eficiência de escala	Tipo de retorno à escala
1	1,000	1,000	1,000	–
2	1,000	1,000	1,000	–
3	1,000	1,000	1,000	–
4	1,000	1,000	1,000	–
5	0,973	1,000	0,973	Decrescente
6	0,988	0,991	0,997	Decrescente
7	1,000	1,000	1,000	–
8	0,864	0,866	0,998	Decrescente
Média	0,978	0,982	0,996	–

Fonte: Dados da Pesquisa.

O nível médio de ineficiência técnica é de 0,022 ou 2,2% (1-0,978), o que significa que as empresas ineficientes podem, em média, reduzir em 2% seus gastos com insumos, sem com isso comprometer o produto. Nota-se que cinco empresas que alcançaram máxima eficiência técnica não podem reduzir os gastos com insumos. Entretanto, as demais

empresas podem fazê-lo, tendo como referência àquelas com eficiência técnica igual a um.

Sob a pressuposição de retornos variáveis, a medida de eficiência técnica média foi de 0,982. Para o modelo com retornos constantes, a eficiência técnica média foi de 0,978. Note que a medida de eficiência com retornos variáveis foi maior que a obtida com retornos constantes. Isto ocorre, pois, sob a pressuposição de retornos variáveis, não se considera problemas de escala de produção. Isso indica que 0,4%, dos 2,2% de ineficiência técnica no modelo com retornos constantes, é devido à ineficiência de escala.

A empresa denominada DMU 5 apresentou eficiência de 97,3%. A ineficiência de 2,7% é explicada somente pela escala inadequada de produção. Portanto, a DMU 5 não foi considerada ineficiente no que se refere ao uso excessivo de insumos. A empresa denominada DMU 6 apresentou eficiência de 98,8%. Da ineficiência de 1,2%, 0,9% foi devido ao uso excessivo de insumos, e 0,3% devido à escala incorreta de produção. A DMU 8 apresentou eficiência de 86,4%. Semelhante à DMU 6, a ineficiência de 13,6% da DMU 8 foi, devido, a dois fatores: 13,4% referente ao uso excessivo de insumos pela empresa e 0,2% devido ao tamanho incorreto da escala de produção.

Para detectar se essas ineficiências de escala são devidas ao fato de a empresa operar na faixa de retornos crescentes ou na faixa de retornos decrescentes, outro problema de programação linear foi formulado, impondo a restrição de retornos não crescentes à escala. Se o valor da medida de eficiência encontrado nesse modelo for igual ao valor encontrado no modelo com retornos variáveis, então a empresa encontra-se na faixa de retornos decrescentes à escala, isto é, está operando acima da escala ótima. Caso contrário, situa-se na faixa de retornos crescentes, operando abaixo da escala ótima. Vale ressaltar que a terminologia “escala ótima”, utilizada neste trabalho, não significa, necessariamente, operar no ponto de mínimo custo médio de longo prazo, mas sim retornos constantes à escala.

Os resultados indicam que nenhuma empresa está na faixa de retornos crescentes. Por outro lado, três empresas estão operando na faixa de retornos decrescentes. Essas empresas poderiam aumentar sua eficiência técnica, caso reduzissem o tamanho da produção. Nota-se que a interpretação de variações no volume de produção, como tentativa de aumentar a eficiência técnica, não leva em consideração as mudanças tecnológicas na atividade.

Conforme visto anteriormente, o modelo permite detectar as empresas eficientes que foram as responsáveis pelo fato de determinada empresa ter sido considerada ineficiente. Nesse sentido, a medida de eficiência, obtida para cada empresa, ocorre de forma comparativa,

isto é, uma empresa não possui eficiência técnica máxima somente se existir ao menos outra empresa, ou a combinação de empresas, que está utilizando de forma mais racional os insumos e produzindo, no mínimo, a mesma quantidade de produto. Essas empresas eficientes são denominadas pares ou *benchmarks* das ineficientes, pois servem como referência para obtenção da medida de eficiência dessas últimas. Assim, a DEA não mede somente a eficiência, mas também provê um guia para as empresas eliminarem ineficiências, ou seja, a empresa ineficiente pode ter como referência seus pares, para tentar aumentar a eficiência na produção.

Das cinco empresas que obtiveram medida de eficiência igual a 100% (DMU's 1, 2, 3, 4 e 7), apenas três (DMU's 1, 3 e 7) podem ser utilizadas como referencial para as ineficientes. As DMU's 1 e 7 exerceram influência na determinação de uma DMU ineficiente enquanto a DMU 3 exerceu influência na determinação de duas DMU's ineficientes. Conhecendo-se quais foram as DMU's eficientes responsáveis por determinada DMU ter sido considerada ineficiente, pode-se, por meio de combinação linear, projetar a DMU ineficiente na direção da fronteira eficiente. Feito isso, pode-se, ainda, determinar quanto de cada insumo utilizado pela DMU ineficiente poderia ser reduzido, sem com isso comprometer a produção. Os dados da Tabela 2 expressam essas reduções, tendo como base as DMU's consideradas como *benchmarks* das ineficientes.

**Tabela 2: Benchmarks das empresas ineficientes e reduções percentuais possíveis no uso dos insumos**

DMU	Pares ou Benchmarks	Insumos		
		Mão-de-obra	Despesas operacionais e energia	Matéria-prima
1	—	0,00	0,00	0,00
2	—	0,00	0,00	0,00
3	—	0,00	0,00	0,00
4	—	0,00	0,00	0,00
5	1; 7	-21,62	-2,67	-2,67
6	3	-1,23	-28,03	-12,11
7	—	0,00	0,00	0,00
8	3	-13,58	-76,68	-66,17
Média	—	-4,55	-13,42	-10,12

Fonte: Dados da Pesquisa.

Pode-se verificar que existem cinco DMU's que não podem reduzir as quantidades de insumos que utilizam, uma vez que já se encontram na fronteira eficiente. Entretanto, as reduções no uso de insumos para a DMU 8 são significativas. Em média, as possíveis reduções na utilização dos insumos mão-de-obra, despesas operacionais e energia e matéria-prima são de 4,55%, 13,42% e 10,12%, respectivamente. Existem empresas utilizando insumos acima do necessário para a quantidade que produzem. Certamente tais empresas enfrentarão dificuldades de sobreviver em um mundo cada vez mais globalizado e competitivo. A seguir, serão comparadas as empresas eficientes e ineficientes, segundo alguns indicadores de desempenho técnico e econômico.

## Comparação das empresas eficientes e ineficientes

Após identificar as empresas eficientes e ineficientes, realizaram-se comparações entre as empresas, a fim de determinar as características de cada grupo de empresas.

Com relação ao tamanho das empresas<sup>4</sup>, duas das empresas identificadas como eficientes são micro e pequenas empresas, sendo também duas grandes empresas. Além destas, uma empresa foi identificada como média empresa. Quanto às empresas ineficientes, pode-se observar que duas dessas empresas são médias empresas e apenas uma empresa pode ser considerada como micro e pequena empresa. É interessante perceber que, no grupo das empresas ineficientes, nenhuma das empresas foi determinada como grande empresa, podendo haver uma correlação entre eficiência e tamanho da empresa, como mostra a Tabela 3.

**Tabela 3: Comparação das empresas eficientes e ineficientes segundo tamanho**

Especificação	Eficientes	Ineficientes
Micro e pequenas empresas	02	01
Médias empresas	01	02
Grandes empresas	02	—
Total	05	03

Fonte: Dados da Pesquisa.

Conforme apresentado na Tabela 4, o que difere as empresas eficientes e ineficientes, com relação à qualificação dos funcionários, são os investimentos em recursos humanos.

**Tabela 4: Empresas que realizam investimentos na qualificação da mão-de-obra**

Especificação	Eficientes	Ineficientes
Investimento em qualificação da mão-de-obra	04	01
Forma de qualificação: treinamentos	04	01
Forma de qualificação: palestras	03	01
Forma de qualificação: Bolsas de estudos	02	01

Fonte: Dados da Pesquisa.

Percebe-se que quatro das empresas eficientes buscam, de forma constante, qualificar sua mão-de-obra. Apenas uma empresa informou que não investe em recursos humanos. Os programas de recursos humanos mais utilizados pelas empresas eficientes são treinamentos, palestras e bolsas de estudos. Das empresas identificadas com ineficientes, apenas uma busca qualificar a mão-de-obra por meio de treinamentos, palestras e bolsas de estudo.

Além disso, as empresas eficientes apresentam maior percentual da mão-de-obra com nível de escolaridade mais alto. Conforme apresentado na Tabela 5, mais de 70% dos funcionários das empresas eficientes possuem qualificação, sendo que nas empresas ineficientes, o percentual de funcionários com algum tipo de qualificação é da ordem de 30%.



**Tabela 5: Nível de escolaridade das empresas eficientes e ineficientes**

Especificação	Eficientes	% das eficientes	Ineficientes	% das ineficientes
Funcionários não qualificados	189	28,85	69	68,31
Funcionários técnicos	270	41,22	14	13,86
Funcionários graduados	150	22,9	13	12,88
Funcionários pós-graduados	46	7,03	05	4,95
Total	655	100,00	101	100,00

Fonte: Dados da Pesquisa.

Para o total da amostra, pode-se dizer que o nível de escolaridade dos funcionários das empresas pesquisadas é elevado. Isto porque a maioria dos funcionários está nas empresas eficientes. Cerca de 65,88% da mão-de-obra possui algum tipo de qualificação, sendo 37,56% com nível técnico; 21,57% com graduação e 6,75% com pós-graduação. O fato dos funcionários possuírem alto nível de escolaridade é devido a presença de importantes instituições de ensino, capazes de formar mão-de-obra altamente qualificada e de gerar inovação.

Considerando a capacidade inovativa, as empresas eficientes apresentaram desempenho satisfatório. Mesmo diante de custos elevados, quatro das empresas identificadas como eficientes possuem P&D próprio. Também, no que se refere às patentes, cinco das empresas entrevistadas disseram que possuem patentes, ou solicitaram, no biênio 1999-2000. Das empresas que disseram possuir ou solicitaram patentes, quatro são empresas identificadas como eficientes. Das patentes consideradas, a maioria refere-se às patentes de invenção, seguidas por patentes de desenhos industriais. É importante destacar que todas as patentes têm registro nacional e que apenas as empresas eficientes têm registro de patente internacional, conforme apresentado na Tabela 6. Os parceiros para o desenvolvimento das pesquisas são universidades (UFMG, UFV, UFRJ, UNESP), os próprios fornecedores, outras empresas, FAPEMIG, Institutos de Pesquisa Tecnológicas, dentre outros.

**Tabela 6: Investimentos em P&D e patentes referentes ao biênio 1999-2000**

Especificação	Eficientes	Ineficientes
Investimentos em P&D	04	01
Patentes <sup>1</sup>	04	01
Nacionais <sup>1</sup>	04	01
Internacionais <sup>1</sup>	02	—

<sup>1</sup> Considerando-se apenas cinco empresas que responderam, sendo 3 eficientes e 2 ineficientes.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Como pode ser observado na Tabela 7, as empresas utilizam técnicas modernas, muitas delas com certificados de qualidade ISO 9000 e ISO 9001. Das empresas analisadas, cinco possuem certificados de qualidade dos seus pro-

duto. Dessas empresas, três são empresas identificadas como eficientes. Duas empresas da amostra, identificadas como ineficientes possuem certificado de qualidade dos produtos.

No que se refere à tecnologia adotada pelas empresas, duas empresas adotam tecnologia de última geração. É importante destacar que, somente as empresas eficientes adotam a tecnologia de última geração. Todas empresas identificadas como ineficientes utilizam tecnologia intermediária.

**Tabela 7: Certificado de controle de qualidade e complexidade produtiva**

Especificação	Eficientes	Ineficientes
Certificado de qualidade	03	02
Tecnologia de última geração <sup>1</sup>	02	—
Tecnologia intermediária <sup>1</sup>	02	03

<sup>1</sup> Considerando-se apenas sete empresas que responderam, sendo 4 eficientes e 3 ineficientes.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Em geral, as empresas buscam atender as necessidades imediatas do mercado, com diferentes bens e serviços comercializados no mercado nacional e internacional. São produtos como anticorpos, enzimas (tripsina e quimotripsina), meios de cultura, reagentes hematológicos, reagentes e equipamentos de análises clínicas. São oferecidos, ainda, serviços biológicos com ênfase nas áreas de microbiologia e genética, além de sistemas para identificação de tipagem rápida de doenças virais e bacterianas.

No intuito de analisar o desempenho econômico das empresas de Diagnóstico Humano do Cluster de Biotecnologia de Minas Gerais, foram calculadas relações entre a receita anual e os gastos com alguns insumos. Apesar de serem variáveis sem unidade de medida (adimensionais), estas relações expressam a produtividade dos fatores de produção. As relações entre a receita e os gastos com mão-de-obra, os gastos com matéria-prima e os gastos operacionais e energia estão descritas na Tabela 8.

**Tabela 8: Relações econômicas das empresas entrevistadas**

Especificação	Eficientes	Ineficientes
Receita/mão-de-obra	8,66	8,34
Receita/despesas operacionais e energia	63,20	47,60
Receita/matéria-prima	23,78	16,70

Fonte: Dados da Pesquisa.

Pode-se verificar que as produtividades médias da mão-de-obra para as empresas eficientes e para as ineficientes são semelhantes. Isso é explicado, conforme dito anteriormente,

pelo alto nível de escolaridade da mão-de-obra em todas empresas analisadas.

Porém, percebe-se que a produtividade média para os outros insumos analisados é diferente para os dois grupos de empresas. As empresas eficientes apresentaram maiores produtividades, tanto no fator energia e despesas operacionais quanto no fator matéria-prima. A diferença entre as produtividades das eficientes em relação às ineficientes foi da ordem de 25% e 30%, respectivamente para despesas operacionais e energia e matéria-prima.

Uma possível explicação para esse resultado deve-se ao maior investimento na qualificação da mão-de-obra por parte das empresas eficientes, mostrando, assim, os ganhos obtidos com tal investimento, ou seja, mão-de-obra melhor qualificada utiliza melhor os insumos.

Outra possível explicação refere-se à complexidade produtiva das empresas analisadas. Conforme apresentado anteriormente, duas das empresas consideradas eficientes possuem tecnologia de última geração e, nenhuma das empresas ineficientes possuem tal tecnologia. As três empresas ineficientes possuem tecnologia intermediária, o que pode refletir na menor produtividade para despesas operacionais e energia e matéria-prima, se comparado com as empresas eficientes.

#### 4. CONCLUSÃO

O cálculo de medidas de eficiência relativa tem sido utilizado para medir a posição que uma firma ocupa em determinado grupo. Essas medidas normalmente são estabelecidas a partir da construção de fronteiras de eficiência, as quais podem ser estimadas por diferentes métodos, paramétricos ou não-paramétricos.

Neste trabalho, utilizou-se a técnica não-paramétrica conhecida como Análise Envoltória de Dados em uma amostra coletada de oito empresas do setor de diagnóstico humano, presentes no cluster mineiro de biotecnologia. A técnica permitiu separar as empresas em dois grupos: o grupo das empresas eficientes e o grupo das empresas ineficientes. Comparando-se esses dois grupos de empresas, segundo alguns indicadores de eficiência técnica e econômica, percebe-se que as empresas eficientes possuem certa superioridade se comparadas às empresas ineficientes. As empresas ineficientes quase não possuem P&D próprio, investem menos na qualificação dos funcionários e são poucas que possuem certificado de qualidade para seus produtos. A permanência deste quadro leva ao empobrecimento gradativo dessas empresas, comprometendo, substancialmente, a continuidade na atividade.

Tendo como referência as empresas eficientes, foram calculadas as possíveis reduções que poderiam ser realizadas no uso dos insumos, por parte das ineficientes. O trabalho permitiu concluir que 37,5% das empresas analisadas formam consideradas ineficientes e que as reduções no uso dos insumos são da ordem de 9%.

Na atual circunstância de extrema competição, qualquer economia realizada pode significar a permanência da empresa no mercado. Nesse sentido, é importante que se obser-

ve como está a sua atividade, em relação às demais que lhe assemelham. Se sua situação é pior que a dos demais, resta-lhe a possibilidade de eliminar suas ineficiências. Caso contrário, na atual conjuntura de extrema competição entre empresas, as que forem ineficientes enfrentarão dificuldades no mercado onde estão inseridas.

#### NOTAS

- 1 Empresas que atuam nos segmentos da química clínica, diagnóstico molecular, imunologia, hematologia e testes rápidos.
- 2 Agrupamento maduro com alto nível de coesão e coordenação entre os agentes, possibilitando ganhos de externalidades para as empresas através da cooperação e aprendizado tecnológico e comercial.
- 3 No setor de Diagnóstico Humano do *Cluster* Mineiro de Biotecnologia estão presentes, segundo a Fundação Biominas, 14 empresas. Os questionários, para coleta dos dados da pesquisa, foram enviados para as quatorze empresas, porém, oito empresas responderam e retornaram os questionários.
- 4 O tamanho das empresas foi determinado segundo número de funcionários: micro e pequenas empresas, entre 01 e 20 funcionários; médias empresas, entre 21 e 100 funcionários; e grandes empresas, acima de 100 funcionários.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. *Medidas de eficiência: métodos não paramétricos*. Brasília: Embrapa, 1996, 28 p. (Mimeografado).
- BANKER, R.D., CHARNES, H., 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.
- COELLI, T.J. *Multi-stage methodology for the solution of orientated dea models*. Armidale, Austrália: University of New England, 1998. 15 p. (CEPA Working Papers 01/98).
- DYSON, R.G., THANASSOULIS, E., BOUSSOFIANE, A. *A data envelopment analysis tutorial*. Birmingham: Operational Research Society; Tutorial Papers in Operational Research, 1990. 14 p.
- FARRELL, M.J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, part III, p. 253-290, 1957.
- GOMES, S.T. *Ajustamentos na produção de leite*. Viçosa, MG: UFV, 1998. 3 p. (Mimeografado).
- GOMES, A.P. *Impactos das Transformações da produção de Leite no número de Produtores e Requerimentos de Mão-de-Obra e Capital*. UFV, 1999, 161p.

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

PEREIRA, M.F. *Mensuramento da eficiência multidimensional utilizando a análise de envolvimento de dados: revisão da teoria e aplicações*.

Florianópolis: UFSC, 1995. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

SANTIAGO, C.V.S. E. *Proceso de Trasnferencia y Comercialización de Tecnologia Desde los Institutos Tecnologicos a Las Pymes: Los casos de España y Brazil*. Tese de Doutorado, Departament d'Organizacion D' Empreses