

Finamore, Eduardo Belisario; Gomes, Adriano Provezano; Dias, Roberto Serpa;  
Dias, Matheus Alves

**Conference Paper**

## Eficiência relativa dos setores econômicos de Minas Gerais: uma aplicação do modelo DEA na matriz insumo-produto

55th Congress of the European Regional Science Association: "World Renaissance: Changing roles for people and places", 25-28 August 2015, Lisbon, Portugal

**Provided in Cooperation with:**

European Regional Science Association (ERSA)

*Suggested Citation:* Finamore, Eduardo Belisario; Gomes, Adriano Provezano; Dias, Roberto Serpa; Dias, Matheus Alves (2015) : Eficiência relativa dos setores econômicos de Minas Gerais: uma aplicação do modelo DEA na matriz insumo-produto, 55th Congress of the European Regional Science Association: "World Renaissance: Changing roles for people and places", 25-28 August 2015, Lisbon, Portugal, European Regional Science Association (ERSA), Louvain-la-Neuve

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/124789>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# **EFICIÊNCIA RELATIVA DOS SETORES ECONÔMICOS DE MINAS GERAIS: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DEA NA MATRIZ INSUMO-PRODUTO**

Eduardo Belisário Finamore

Adriano Provezano Gomes

Roberto Serpa Dias

Matheus Alves Dias

**RESUMO:** O artigo discute as diferenças de performance produtiva entre 35 setores do estado de Minas Gerais, com base na metodologia Análise Envoltória de Dados (DEA). Os dados utilizados foram extraídos das tabelas de insumo-produto e das contas econômicas integradas do ano de 2005, fornecidas pela Fundação João Pinheiro (FJP). Os resultados indicam quais setores possuem maior eficiência na transformação de capital (insumos) em mais capital (produtos), de forma a orientar os agentes produtivos na busca contínua da melhor alocação dos fatores de produção e, ainda ser usados em estudos sobre a dinâmica do crescimento econômico, superando o marco estático da análise de insumo-produto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência, análise envoltória de dados, matriz insumo-produto, análise setorial.

JEL codes:

C14 Semiparametric and Nonparametric Methods: General

C67 Input–Output Models

E17 Forecasting and Simulation: Models and Applications

## 1. Introdução

O crescimento econômico tem sido uma das grandes questões da sociedade atual. Desde 2008 as grandes potências vêm enfrentando dificuldades para retornar ao ciclo de desenvolvimento pelo qual passavam antes da crise mundial afetando os países emergentes que, por sua vez, devem buscar uma maior eficiência para enfrentar o cenário de maior competição econômica global.

O que se observa é que as taxas de crescimento variam substancialmente ao redor do mundo e mesmo dentro de um país. O que explica essas diferenças? Como podem os países ricos garantir a manutenção de seu alto padrão de vida? Que políticas deveriam adotar os países pobres para promover o crescimento rápido e poderem-se aproximar do mundo desenvolvido? Essas são algumas das questões mais importantes da economia.

Para verificar as diferenças de crescimento econômico nos estados brasileiros observou-se a dinâmica da produção física industrial, entre 2004 e 2014, avaliado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Neste período a produção industrial brasileira cresceu 14,51%. A Tabela 01 mostra as taxas de variação da indústria em geral para o Brasil e diferentes estados brasileiros.

Tabela 01: Produção Física Industrial – 2004/2014

L o c a i s	Taxa de Variação (%)
Pará	47,31%
Goiás	46,60%
Paraná	31,95%
Espírito Santo	25,75%
Amazonas	25,41%
Pernambuco	23,78%
Minas Gerais	19,70%
Bahia	16,99%
São Paulo	13,21%
Rio de Janeiro	6,76%
Ceará	3,13%
Rio Grande do Sul	1,28%
Santa Catarina	-3,94%
Brasil	14,51%

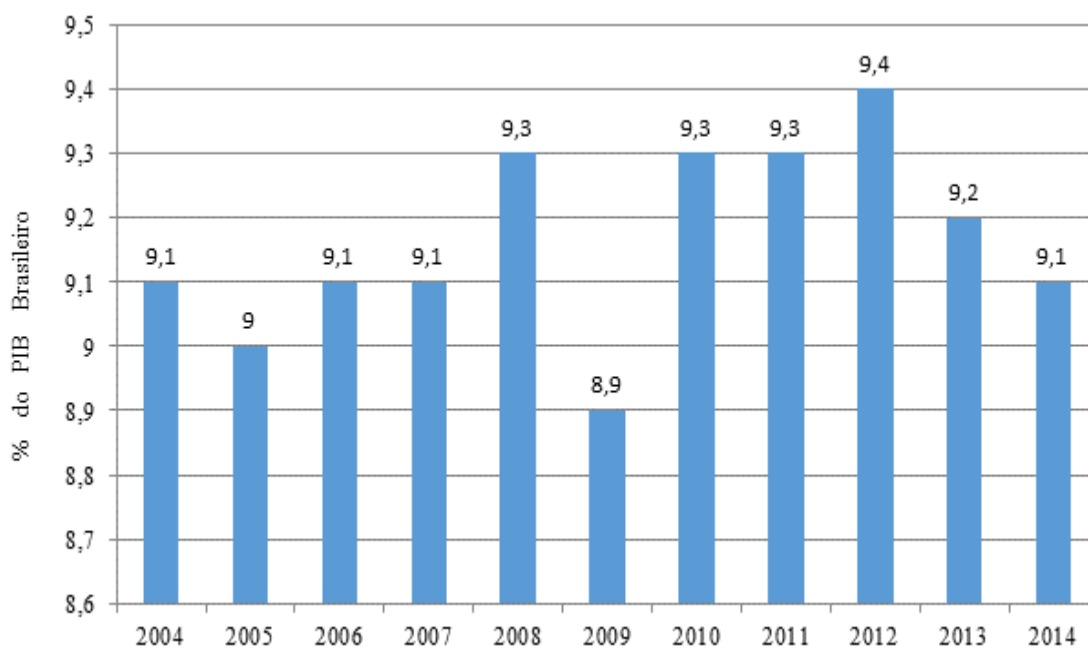
Fonte: IBGE

Dos treze locais pesquisados pelo IBGE, em sua pesquisa regional, apenas Santa Catarina retraiu a atividade fabril (-3,94%). Oito estados obtiveram um crescimento acima da média nacional e cinco obtiveram um crescimento menor do que a média nacional,

incluindo neste grupo o estado de São Paulo que possui o maior Produto Interno Bruto (PIB) do país. Conforme a Tabela 01, a produção industrial do estado de Minas Gerais ficou em sétimo lugar no ranking da pesquisa.

O Gráfico 01 mostra a evolução da participação do PIB de Minas Gerais no PIB brasileiro entre 2004 e 2014. Em 2004 a participação do estado na produção nacional era de 9,1% e no final do período a participação era de 9,1%, ou seja, no longo prazo o PIB estadual cresceu a um ritmo similar ao do Brasil como um todo.

Gráfico 1 – Participação de Minas Gerais no PIB brasileiro (%)



Fonte: Fundação João Pinheiro (FJP)

Para entender essas transformações, a teoria econômica apresenta uma variedade de modelos. A teoria de crescimento neoclássica atribui um maior peso às melhorias de produtividade dirigidas pelos avanços na tecnologia e na organização da produção. Por outro lado, a Nova Teoria do Crescimento e a Teoria do Capital e do Investimento – outro braço da economia neoclássica – atribuem fundamental significância aos investimentos em capital humano, conhecimento e capital fixo.

O processo de crescimento econômico, de várias fontes, esbarra num grande problema econômico, ou seja, como existe escassez de recursos, tem-se de escolher as melhores combinações de insumos para se utilizar entre os possíveis fins alternativos. A regra básica na escolha de diferentes processos produtivos para transformar recursos

(insumos) em novos recursos (produtos) é o conceito de custo de oportunidade. Ou seja, o custo de oportunidade de investir na fabricação de automóveis é a perda dos benefícios que deixam de ser gerados no beneficiamento do café, por exemplo. Do ponto de vista social, além da eficiência alocativa – eficiência técnica e de escala –, deve-se considerar aspectos da eficiência distributiva.

Nesse contexto, esse trabalho preocupa-se com a seguinte questão: do ponto de vista social, quais setores da economia apresentam uma melhor combinação no uso dos insumos disponíveis na sociedade para a obtenção de sua produção, de forma que a acumulação de capital seja obtida do modo mais eficiente possível?

Em outras palavras, se tivermos de investir um milhão de reais, tendo como preocupação a eficiência no uso dos recursos escassos da sociedade, quais setores deveriam ser os beneficiados?

A região de estudo desse trabalho é a economia de Minas Gerais, e para atender ao objetivo exposto, definem-se como benefícios os fluxos do Valor Bruto de Produção setorial e, como custos, os fluxos dos insumos variáveis utilizados nos processos produtivos. A metodologia utilizada é a Data Envelopment Analysis (DEA), que possui como critério de avaliação a eficiência técnica e de escala.

## **2. Metodologia**

Com base nas análises de eficiência, os autores CHARNES, COOPER e RHODES (1978) deram início ao estudo da abordagem não-paramétrica, para a análise de eficiência relativa de firmas com múltiplos insumos e múltiplos produtos, cunhando o termo Data Envelopment Analysis (DEA). Vale ressaltar que, na literatura relacionada aos modelos DEA, uma firma é tratada como DMU (*decision making unit*), uma vez que estes modelos provêm uma medida para avaliar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão.

### **2.1. Pressuposição do modelo DEA**

A pressuposição fundamental na técnica DEA é que, se uma dada DMU “A” é capaz de produzir  $Y(A)$  unidades de produto, utilizando  $X(A)$  unidades de insumos, então outras DMU’s poderiam também fazer o mesmo, caso elas estejam operando eficientemente. De forma similar, se uma DMU “B” é capaz de produzir  $Y(B)$  unidades de produto, utilizando  $X(B)$  de insumos, então outras DMU’s poderiam ser capazes de realizar

o mesmo esquema de produção. Caso as DMU's "A" e "B" sejam eficientes, elas poderiam ser combinadas para formar uma DMU composta, isto é, que utiliza uma combinação de insumos para produzir uma combinação de produtos. Desde que esta DMU composta não necessariamente existe, ela é denominada DMU virtual.

A análise DEA consiste em encontrar a melhor DMU virtual para cada DMU da amostra. Caso a DMU virtual seja melhor do que a DMU original, ou por produzir mais com a mesma quantidade de insumos, ou produzir a mesma quantidade usando menos insumos, a DMU original será ineficiente.

No presente trabalho, será considerado como DMU um setor da economia do estado de Minas Gerais. Assim, ao se identificar um setor como ineficiente, quando comparado a uma DMU virtual, ou padrão, não se estará querendo concluir que esse setor não é competitivo, e, sim, que os recursos da sociedade são utilizados com maior eficiência na produção em outros setores, com melhor produtividade no uso dos fatores de produção. Como os recursos da sociedade são escassos, ela pode se especializar na produção de determinados produtos e obter os benefícios das trocas comerciais, seja regionalmente, seja internacionalmente. Há que se considerar também que existem restrições de mercado e especificidades dos ativos, não sendo possível converter a produção de um setor, com o aproveitamento dos fatores de produção liberados, para a produção de outro setor. Mas é possível afirmar que os novos fatores de produção a serem empregados e/ou novos investimentos serão mais produtivos para a sociedade em determinados setores "chaves" para o crescimento econômico; ou, ainda, delimitar como deve ocorrer a aplicação de novos recursos, seja na expansão de setores eficientes, seja na eliminação de ineficiências dos setores não tão produtivos.

## **2.2. Descrição do modelo DEA**

Considere-se que existam  $k$  insumos e  $m$  produtos para cada  $n$  DMU's. São construídas duas matrizes: a matriz  $X$  de insumos, de dimensões  $(k \times n)$ , e a matriz  $Y$  de produtos, de dimensões  $(m \times n)$ , representando os dados de todas as  $n$  DMU's. Na matriz  $X$ , cada linha representa um insumo e cada coluna representa uma DMU. Já, na matriz  $Y$ , cada linha representa um produto e cada coluna, uma DMU. 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:

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

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. Note-se que a medida de eficiência será um escalar, devido às ordens dos vetores que a compõem.

A pressuposição inicial é de que esta medida de eficiência requer um conjunto comum de pesos que será aplicado em todas as DMU's. Entretanto, existe certa dificuldade em obter um conjunto comum de pesos para determinar a eficiência relativa de cada DMU. Isso ocorre porque as DMU's podem estabelecer valores para os insumos e produtos de modos diferentes e, então, adotarem diferentes pesos. É necessário, então, estabelecer um problema que permita que cada DMU possa adotar o conjunto de pesos que for mais favorável, em termos comparativos, 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:

$$\begin{aligned} \text{MAX}_{u,v} \quad & u \cdot y_i / v \cdot x_i \\ \text{sujeito a:} \quad & u \cdot y_j / v \cdot x_j \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \\ & u, v \geq 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Essa formulação envolve obter valores para  $u$  e  $v$ , de tal forma que a medida de eficiência para a  $i$ -ésima DMU seja maximizada, sujeito à restrição de que as medidas de eficiência de todas as DMU's sejam menores ou iguais a um. Caso a eficiência obtida para a DMU que está sendo testada seja igual a um, a DMU será eficiente em relação às demais; caso contrário a DMU será ineficiente.

O modelo linearizado possui a seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{MAX}_{u,v} \quad & u \cdot y_i \\ \text{sujeito a:} \quad & v \cdot x_i = 1, \\ & u \cdot y_j - v \cdot x_j \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n, \\ & u, v \geq 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Por meio da dualidade em programação linear, tem-se:

$$\begin{aligned}
& \text{MIN}_{\theta, \lambda} \quad \theta, \\
& \text{sujeito a :} \\
& \quad - y_i + Y \lambda \geq 0, \\
& \quad \theta x_i - X \lambda \geq 0, \\
& \quad \lambda \geq 0,
\end{aligned} \tag{4}$$

em que  $\theta$  é uma 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, em caso contrário, será menor que um. Já  $\lambda$  é um vetor ( $n \times 1$ ) de constantes, cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para uma DMU eficiente, todos os valores de  $\lambda$  serão zero. Já, para uma DMU ineficiente, os valores de  $\lambda$  serão os pesos utilizados na combinação linear de outras DMU's eficientes que influenciam na projeção da DMU ineficiente sobre a fronteira calculada. Isso significa que, para uma unidade ineficiente, existe ao menos uma unidade eficiente, cujos pesos calculados fornecerão a DMU virtual da unidade ineficiente, através de combinação linear. As unidades eficientes que, quando combinadas, fornecem a DMU virtual para a unidade ineficiente são conhecidas como pares ou *benchmarks* daquela DMU.

O modelo, nessa 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.

### 2.3. Retornos de escala no modelo DEA

O uso da especificação de retornos constantes, quando nem todas as DMUs estão operando em escala ótima, resultará em medidas de eficiência técnica que podem ser confundidas com eficiência de escala. A utilização da especificação de retornos variáveis permite o cálculo das eficiências técnicas, livres desses efeitos de escala.

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 dual, tem-se:



$$\begin{aligned}
& \text{MIN } \theta, \lambda \\
& \text{sujeito a :} \\
& \quad -y_i + Y\lambda \geq 0, \\
& \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
& \quad N_1 \cdot \lambda = 1, \\
& \quad \lambda \geq 0,
\end{aligned}
\tag{5}$$

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 isso, os valores obtidos para eficiência técnica, com a pressuposição de retornos variáveis, são maiores do que aqueles obtidos com retornos constantes.

Os valores de eficiência técnica, obtidos no modelo com retornos constantes, podem ser divididos em dois componentes – um devido à ineficiência de escala e outro devido à pura ineficiência técnica. 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, isso 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 ilustra uma situação que envolve um insumo e um produto.

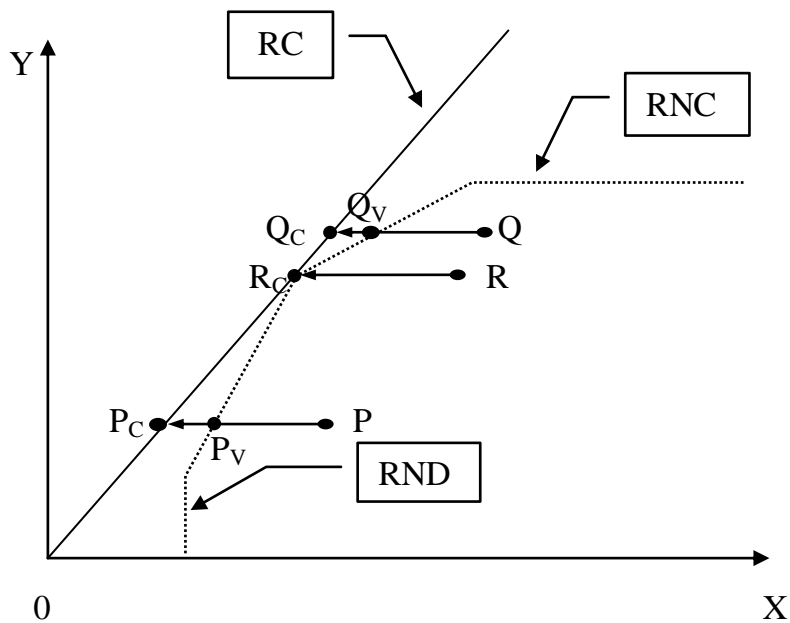


Figura 1 - Eficiência técnica e eficiência de escala.

Pode-se traçar as fronteiras eficientes calculadas pela DEA, isto é, a fronteira obtida com retornos constantes (RC), e a obtida com retornos variáveis (RV), sendo esta última descrita pela linha pontilhada.

Considere-se o ponto P na Figura 1. Na pressuposição de retornos constantes, a ineficiência técnica do ponto P é dada pela distância  $PP_C$ , enquanto a ineficiência técnica é dada pela distância  $PP_V$ , com 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

$$\begin{aligned} ET_{I,RC} &= AP_C / AP , \\ ET_{I,RV} &= AP_V / AP , \\ EE_I &= AP_C / AP_V , \end{aligned} \tag{6}$$

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 isso, basta substituir a restrição  $N1\lambda=1$ , em (5), pela restrição  $N1\lambda \leq 1$ .

A fronteira obtida para o modelo com retornos não crescentes (RNC) está plotada na Figura 1. 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 isso, basta substituir a restrição  $N1\lambda \leq 1$ , no modelo com retornos não crescentes, pela restrição  $N1\lambda \geq 1$ .

Assim, para identificar se a firma e/ou setor 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  $ET_{RND} = ET_{RV} \rightarrow$  Retornos crescentes,

se  $ET_{RND} \neq ET_{RV} \rightarrow$  Retornos decrescentes.

Após executar os modelos DEA, as DMUs podem ser classificadas segundo duas categorias:

1) De acordo com a pura eficiência técnica obtida no modelo pressupondo-se retornos variáveis. Nesse caso, as DMU's podem ser tecnicamente eficientes ou ineficientes. As DMU's eficientes são aquelas que estão produzindo uma quantidade compatível com o uso dos insumos; por outro lado, as ineficientes estão utilizando em excesso os insumos. Isso significa que, para se tornarem eficientes, podem-se reduzir os insumos, mantendo-se a mesma produção, ou, de modo equivalente, aumentar a produção utilizando-se os mesmos insumos.

2) De acordo com a eficiência de escala, obtida pela razão entre as medidas de eficiência técnica nos modelo com retornos constante e variáveis. Nessa categoria, as DMUs podem estar operando com retornos constantes, crescentes ou decrescentes. A produção com retornos constantes é conhecida como escala ótima. Assim, a DMU operando com retornos crescentes está abaixo da escala ótima, necessitando expandir a produção. Já a operação com retornos decrescentes implica uma situação acima da escala ótima, indicando necessidade de reduzir o volume produzido ou melhorar a tecnologia, ou seja, deslocar a fronteira de produção (ajustes qualitativos).

Assim, podem ocorrer seis situações distintas, conforme a Tabela 2. Para descrições mais detalhadas da metodologia DEA recomenda-se a consulta de livros textos como, por exemplo, Zhu (2014), Cooper et al. (2011), Ferreira e Gomes (2009) e Coelli et al. (2005).

Tabela 2: Situações possíveis nos resultados dos modelos DEA

Tipo de retorno	Condição da DMU segundo a pura eficiência técnica	
	Eficiente	Ineficiente
Constante	<p>Esta é a melhor situação. A DMU está utilizando os recursos sem desperdícios e opera em escala ótima. O aumento da produção deve ocorrer mantendo-se a proporção de uso dos fatores.</p> <p><b>(Correspondente ao ponto R<sub>C</sub>)</b></p>	<p>Apesar de estar operando na escala ótima, existe ineficiência técnica. Isso significa que se pode reduzir o uso dos insumos e continuar produzindo a mesma quantidade. De maneira equivalente, a produção pode crescer utilizando-se os mesmos insumos. Eliminando as ineficiências técnicas, a DMU torna-se eficiente com retornos constantes.</p> <p><b>(Correspondente ao ponto R)</b></p>
Crescente	<p>Apesar de tecnicamente eficiente, ou seja, não existem insumos utilizados em excesso, o volume de produção está abaixo da escala ótima. Isso significa que a DMU pode aumentar a produção a custos decrescentes. Nesse sentido, o aumento da produção deve ocorrer mediante incorporação de insumos, porém mantendo-se as relações entre as quantidades de produto e insumos.</p> <p><b>(Correspondente ao ponto P<sub>V</sub>)</b></p>	<p>Nesta situação, existem dois problemas: ineficiência técnica, devido ao uso excessivo de insumos, e ineficiência de escala. Esta última ocorre pois a DMU está operando abaixo da escala ótima. Para aumentar a eficiência técnica é preciso eliminar os excessos de uso nos insumos. Por outro lado, para operar em escala ótima é necessário aumentar a produção. Em síntese, a DMU deve aumentar a produção, porém esse aumento deve ocorrer reduzindo as relações entre quantidades utilizadas de insumo e o volume de produção.</p> <p><b>(Correspondente ao ponto P)</b></p>
Decrescente	<p>DMU tecnicamente eficiente, porém operando acima da escala ótima. Mantendo-se essa situação, o aumento da produção se dará a custos crescentes. Uma alternativa é reduzir o tamanho da produção das DMUs, utilizando mais unidades, porém menores. Note que essas unidades menores devem operar utilizando a mesma proporção entre produto e insumos. Outra alternativa para crescer a produção seria a adoção de políticas qualitativas, ou seja, o aumento da produtividade dos fatores possibilitaria o crescimento da produção sem a necessidade de se utilizar mais insumos.</p> <p><b>(Correspondente ao ponto Q<sub>V</sub>)</b></p>	<p>Nesta situação, a DMU está operando acima da escala ótima e tem ineficiência técnica. É preciso corrigir os dois problemas. Para aumentar a eficiência técnica, deve-se eliminar os insumos que estão sendo utilizados em excesso, o que equivale a produzir mais utilizando os mesmos insumos. Com relação ao problema de escala, pode-se simplesmente reduzir a produção em cada DMU, utilizando um número maior de DMUs menores para produzir a mesma quantidade anterior. Pode-se, ainda, melhorar a tecnologia, aumentando a produtividade dos fatores de produção.</p> <p><b>(Correspondente ao ponto Q)</b></p>

## 2.5. Fonte de dados

Os dados utilizados foram extraídos da Tabela de Insumo-Produto de 2005 (a mais recente disponível) e das Contas Econômicas Integradas de Minas Gerais, fornecidas pela Fundação João Pinheiro (FJP), instituto de pesquisa do estado. As informações utilizadas são a preços básicos e encontra-se em milhões de reais. Para a compilação das matrizes e obtenção dos valores de exportação e importação, adotou-se o modelo de tecnologia do setor (RAMOS, 1996), cuja hipótese central é que a tecnologia é uma característica das atividades, isto é, a tecnologia para a produção dos produtos é determinada pela atividade que os produz.

A agregação setorial utilizada é mostrada na Tabela 3.

Tabela 3: Agregação setorial utilizada na metodologia apresentada.

SETORES	Agregação
1 Agricultura, silvicultura e exploração florestal	Agropecuária
2 Pecuária e pesca	Agropecuária
3 Indústrias extrativas mineral	Indústria
4 Fabricação de alimentos	Agroindústria
5 Fabricação de bebidas	Agroindústria
6 Fabricação de produtos do fumo	Agroindústria
7 Fabricação de produtos têxteis	Agroindústria
8 Fabricação de artefatos de couro e calçados	Agroindústria
9 Fabricação de artigos do vestuário e acessórios	Agroindústria
10 Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Indústria
11 Fabricação de derivados do petróleo e álcool	Indústria
12 Fabricação de produtos farmacêuticos, perfumaria, higiene e limpeza	Indústria
13 Fabricação de produtos de borracha e plástico	Indústria
14 Fabricação de produtos químicos	Indústria
15 Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	Indústria
16 Metalurgia	Indústria
17 Fabricação de produtos de metal- exclusive máquinas e equipamentos	Indústria
18 Fabricação de máquinas e equipamentos	Indústria
19 Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	Indústria
20 Fabricação de veículos automotores	Indústria
21 Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	Indústria
22 Fabricação de outros equipamentos de transporte	Indústria
23 Fabricação de móveis, produtos de madeira e artigos diversos	Agroindústria
24 Eletricidade, gás, água e limpeza urbana	Serviços
25 Construção	Indústria
26 Comércio	Serviços
27 Transporte, armazenagem e correio	Serviços
28 Serviços de informação	Serviços
29 Intermediação financeira e seguros	Serviços

30 Atividades imobiliárias e aluguel	Serviços
31 Serviços de alojamento e alimentação	Serviços
32 Serviços prestados às empresas	Serviços
33 Educação e saúde mercantil	Serviços
34 Administração pública	Serviços
35 Outros serviços	Serviços

Para a análise da eficiência dos recursos produtivos dos setores do estado de Minas Gerais, através do modelo *data envelopment analysis* (DEA), utilizou-se um produto e oito insumos, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4: Produto e insumos de produção.

Produto	1) Valor Bruto da Produção
Insumos	1) Consumo intermediário: agropecuária; 2) Consumo intermediário: agroindústria 3) Consumo intermediário: indústria 4) Consumo intermediário: serviços 5) Importação interestadual e internacional 6) Impostos sobre produtos nacionais e importados 7) Salários

Um modelo de insumo-produto regional mostra as interações de indústrias locais com outras indústrias da região e de fora da região bem como com setores de demanda final. O elemento central neste modelo é uma tabela de transações como mostrado na Figura 2.

Cada coluna da tabela registra as compras, ou insumos, dessas indústrias das indústrias registradas nas linhas. Além do consumo intermediário de produtos domésticos as indústrias têm de realizar uma série de pagamentos chamados de finais.

As compras de indústrias de fora da região, ou seja, as importações são “pagamentos finais” que deixam o sistema industrial da região. São também chamados de vazamentos econômicos. Estas importações podem ser de bens não produzidos na região ou de bens produzidos em quantidades insuficientes para atender às necessidades locais.

Outras categorias de pagamentos finais são os impostos indiretos líquidos cobrados dos produtos domésticos e importados e o valor adicionado da economia. O valor adicionado é distribuído para os empregados, na forma de salários, para os possuidores de capital na forma de excedente operacional bruto e também para o governo na forma de impostos diretos líquidos. A soma das entradas em cada coluna representa as compras

totais feitas pela indústria em questão. Por fim a soma das compras totais e pagamentos têm que se igualar às vendas totais. A tabela pode ser vista como um sistema de contabilidade para uma economia.

		FLUXO INTERMEDIÁRIO			
	Setores	01	02	03	Sub-total
Fluxo intermediário $\sum x_{ij} + \sum m_j + \sum t_j$	01	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$X_{1j}$
	02	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$X_{2j}$
	03	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$X_{3j}$
	Subtotal 1	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{ij}$
	Importações – M	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$MI_{TT}$
Impostos indiretos líquidos	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$TIT_{TT}$	
Subtotal 2	$CI_1$	$CI_2$	$CI_3$	$CI_{TT}$	
Valor Adicionado Preços Básicos	Salários	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$S_{TT}$
	Impostos diretos líquidos	$t'_1$	$t'_2$	$t'_3$	$T'_{TT}$
	Excedente Operacional Bruto	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$L_{TT}$
	Produção Total	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$VBP$

Figura 2 - Tabela de transações de um modelo de insumo-produto.

### 3. Resultados

Com base no modelo DEA, obtêm-se os resultados sobre a eficiência técnica pura, eficiência de escala e o tipo de retorno, mostrados na Tabela 5. Como salientado na metodologia, os valores de eficiência técnica podem ser decompostos em eficiência de escala e eficiência técnica pura adotando-se o procedimento de retornos constantes e retornos variáveis ao mesmo conjunto de dados. A eficiência de escala é calculada pela diferença entre os valores das eficiências técnicas com retornos variáveis e com retornos constantes. Para ambos os casos, valores iguais a um indicam melhor desempenho e, quanto mais próximo de zero, maior o grau de ineficiência.

Vale salientar que o presente trabalho faz uma comparação entre setores de uma economia e, portanto, as medidas de eficiência relativa são em relação aos recursos da sociedade como um todo. Em outras palavras, faz-se uma comparação da eficiência no uso de insumos do ponto de vista setorial, em que se observam apenas as médias das empresas, de forma agregada, tanto da combinação entre os insumos – eficiência técnica – quanto da relação e/ou proporção do nível de insumos com o nível de produtos – eficiência de escala.

Do ponto de vista da empresa, o tipo de retorno que indica uma escala ótima de produção é chamado de retornos constantes. Essa é a escala ótima de operação. Em termos setoriais, indica que, para se aumentar a produção, dever-se-ia adotar a mesma combinação tecnológica de transformação de insumo em produtos existente. De outro lado, retornos de escala crescentes indicam que aumentando o tamanho das empresas que compõem o setor, aumentará o desempenho das mesmas, com redução dos custos de produção. Indica também que as empresas que fazem parte de uma indústria qualquer, comparada com as de outro setor da economia mais eficiente em escala, deveriam aumentar sua produção, de forma a obter desempenhos semelhantes, ou seja, dever-se-ia aumentar o índice de eficiência técnica através do aumento no nível de utilização de fatores de produção, de forma que as produtividades marginais dos diferentes setores da economia convirjam para um mesmo nível de eficiência econômica. Já retornos decrescentes indica que se pode manter a produção utilizando um nível menor de insumos, ou, por outro lado, aumentar o valor da produção, mantendo-se constante o nível dos fatores de produção. Isso indica que a aplicação de recursos da sociedade obtém uma menor eficiência nesses setores, já que poderiam ser aplicados em investimentos alternativos e com os mesmos recursos gastos obter um maior retorno com maiores valores da produção.



Tabela 5 – Medidas de eficiência e tipo de retorno à escala dos setores econômicos de Minas Gerais

Nº	Setores	Agregação	Ef. Técnica (Retornos Variáveis)	Eficiência de Escala	Tipo de Retorno	Ponto na Figura 1
2	Pecuária e pesca	Agropecuária	1,000	1,000	Constante	RC
4	Fabricação de alimentos	Agroindústria	1,000	1,000	Constante	RC
9	Fab. artigos do vestuário e acessórios	Agroindústria	1,000	1,000	Constante	RC
24	Elétric, gás, água e limpeza urbana	Serviços	1,000	1,000	Constante	RC
28	Serviços de informação	Serviços	1,000	1,000	Constante	RC
29	Intermediação financeira e seguros	Serviços	1,000	1,000	Constante	RC
30	Atividades imobiliárias e aluguel	Serviços	1,000	1,000	Constante	RC
31	Serviços de alojamento e alimentação	Serviços	1,000	1,000	Constante	RC
23	Fabricação de móveis, produtos de madeira e artigos diversos	Agroindústria	0,241	0,999	Constante	R
6	Fabricação de produtos do fumo	Agroindústria	1,000	0,946	Crescente	PV
22	Fabricação de outros equipamentos de transporte	Indústria	1,000	0,397	Crescente	PV
11	Fabricação de derivados do petróleo e álcool	Indústria	0,954	0,966	Crescente	P
32	Serviços prestados às empresas	Serviços	0,707	0,991	Crescente	P
8	Fabricação de artefatos de couro e calçados	Agroindústria	0,552	0,593	Crescente	P
5	Fabricação de bebidas	Agroindústria	0,494	0,988	Crescente	P
10	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Indústria	0,317	0,960	Crescente	P
19	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	Indústria	0,291	0,995	Crescente	P
12	Fabricação de produtos farmacêuticos, perfumaria, higiene e limpeza	Indústria	0,238	0,815	Crescente	P
13	Fabricação de produtos de borracha e plástico	Indústria	0,228	0,903	Crescente	P
34	Administração pública	Serviços	1,000	0,738	Decrescente	QV
26	Comércio	Serviços	1,000	0,734	Decrescente	QV
16	Metalurgia	Indústria	1,000	0,306	Decrescente	QV
1	Agricultura, silvicultura e exploração florestal	Agricultura	0,873	0,508	Decrescente	Q
25	Construção	Indústria	0,853	0,379	Decrescente	Q
35	Outros serviços	Serviços	0,828	0,970	Decrescente	Q
20	Fabricação de veículos automotores	Indústria	0,784	0,962	Decrescente	Q
27	Transporte, armazenagem e correio	Serviços	0,745	0,323	Decrescente	Q
3	Indústrias extrativas mineral	Indústria	0,691	0,299	Decrescente	Q
14	Fabricação de produtos químicos	Indústria	0,495	0,853	Decrescente	Q
33	Educação e saúde mercantil	Serviços	0,491	0,874	Decrescente	Q
7	Fabricação de produtos têxteis	Agroindústria	0,420	0,993	Decrescente	Q
17	Fabricação de produtos de metal- exclusive máquinas e equipamentos	Indústria	0,321	0,983	Decrescente	Q
21	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	Indústria	0,312	0,849	Decrescente	Q
15	Fab. produtos minerais não-metálicos	Indústria	0,280	0,504	Decrescente	Q
18	Fabricação de máquinas e equipamentos	Indústria	0,259	0,931	Decrescente	Q
	Média					

Fonte: Dados da pesquisa.

A coluna 4 da Tabela 5 mostra os índices de eficiência técnica pura ou variáveis. Os índices de eficiência técnica sob retornos variáveis revelam que, sem os rendimentos de escala, o setor de pecuária e pesca possui máxima eficiência além de três setores da agroindústria (Fabricação de alimentos; Fab.de artigos do vestuário; e acessórios Fabricação de produtos do fumo), dois setores da indústria (Fabricação de outros equipamentos de transporte; e Metalurgia), juntamente com sete setores de serviços (Eletricidade, gás, água e limpeza urbana; Serviços de informação; Intermediação financeira e seguros; Atividades imobiliárias e aluguel; Serviços de alojamento e alimentação; Administração pública Comércio).

As colunas 5 e 6 mostram os índices de eficiência de escala e o tipo de retorno de produção. Os retornos são constantes quando se iguala a eficiência técnica sob retornos constantes e variáveis. Retornos decrescentes ocorrem quando a eficiência técnica sob retorno constantes é menor que sob retornos variáveis. O inverso indica retornos crescentes. Além dos 13 setores citados anteriormente, somente o setor agroindustrial Fabricação de Móveis, Produtos de Madeira e Artigos Diversos apresentou retorno de produção constante. Os demais, 16 setores apresentam retorno de produção decrescente e dez retornos de produção crescentes.

A coluna 7 mostra o ponto de referência em que o setor se encontra, ilustrados na Figura 1 da metodologia. Os setores da economia mineira foram ordenados conforme as seis situações possíveis. A Tabela 6 mostra o número de setores dentro de cada possibilidade. Como se observa 13 setores (37,1%) foram classificados como eficientes e 22 setores (62,9%) como ineficientes.

Tabela 6: Distribuição dos setores da economia mineira quanto a escala e eficiência

	Eficiente	Ineficiente	Total Geral
Constante	8	1	9
Crescente	2	8	10
Decrescente	3	13	16
Total Geral	13	22	35

Fonte: Tabela 5

Dos 35 setores da economia do estado de Minas Gerais, 8 foram classificados, segundo a metodologia DEA, como eficientes tecnicamente e em escala, operando no ponto Rc da Figura 1. São eles: o setor de Pecuária e Pesca; dois setores da agroindústria (Fabricação de alimentos; Fab. de artigos do vestuário); e cinco setores de serviços

(Eletricidade, gás, água e limpeza urbana; Serviços de informação; Intermediação financeira e seguros; Atividades imobiliárias e aluguel; e Serviços de alojamento e alimentação). Isso quer dizer que esses setores comparados ao resto da economia maximizam a produção com a menor proporção de (entre os) insumos - tecnicamente eficiente e, ainda, utilizam o nível adequado de insumos relacionado ao nível de produto - eficiência de escala, ou seja, não podem aumentar sua eficiência alterando o nível utilizado dos insumos de produção.

Apenas o setor de “Fabricação de móveis, produtos de madeira e artigos diversos” operando no ponto R da Figura 1, ou seja, possui ineficiência técnica, do ponto de vista social, e opera em escala ótima (aproximadamente 1), ou seja, maximiza a relação insumo-produto, mas com combinações mais ineficientes entre os insumos utilizados. Essa é uma situação interessante, pois, apesar de estarem operando na escala ótima, existe ineficiência técnica (uma das mais baixas do estado). Isso significa que se deveria reduzir o uso dos insumos e continuar produzindo a mesma quantidade, ou, de maneira equivalente, a produção deveria crescer utilizando-se os mesmos insumos. Eliminando as ineficiências técnicas do ponto de vista social, os setores se tornariam eficientes com retornos constantes.

Conforme a Tabela 5 pode-se também observar que existem outros cinco setores da economia mineira que são tecnicamente eficientes, mas estão na escala incorretas. Dois setores apresentam um retorno crescente, operando no ponto Pv da Figura 1, e três setores apresentam um retorno decrescente, operando no ponto Qv.

Os setores que operam no ponto Pv possuem eficiência técnica pura e ineficiências de escala devido a retornos crescentes, sendo um pertencente à indústria (Fabricação de outros equipamentos de transporte) e outro pertencente ao setor de agroindústria (Fabricação de produtos do fumo). Isso indica que as empresas que fazem parte desses setores, de forma agregada, comparadas com as de outros setores da economia mais eficientes em escala, deveriam aumentar sua produção aumentando o nível de utilização de insumos de forma a obter desempenhos semelhantes aos mais eficientes. Pode-se dizer que, nesses setores, deveria haver um investimento adicional em capital de giro para a aquisição de mais insumos, de forma a aumentar a eficiência produtiva, num nível de produção maior, quando o objetivo é maximizar a transformação de insumos em produtos para o estado como um todo.

Três setores operam no ponto Qv, com eficiência técnica e ineficiência de escala devido a retornos decrescentes, um do setor industrial (Metalurgia) e dois do setor de

serviços (Administração pública, Comércio). Isso indica que esses setores podem manter a produção utilizando um nível menor de insumos, ou aumentar o valor da produção, mantendo-se constante o nível dos fatores de produção. Ou seja, as firmas que compõem esses setores, quando comparados ao resto da economia, estão operando acima da escala ótima, sendo que, mantendo-se essa situação, um aumento de produção só será possível a custos sociais crescentes. As alternativas para o crescimento são adotar políticas qualitativas para aumentar a produtividade de forma a obter mais produção sem a necessidade de se utilizar mais insumos.

Os demais setores a serem analisados não obtiveram máxima eficiência técnica “pura”, significando que poderiam reduzir o uso dos recursos disponíveis da sociedade, liberando-os para os setores de máxima eficiência, induzindo, assim, o aumento da produção estadual, com a utilização dos recursos já existentes, ou seja, esses setores, para obter uma unidade de produto, utilizam um excesso de insumos quando se comparam sua performance com as performances dos outros setores da economia.

Existem oito setores que apresentam além da ineficiência técnica, retornos crescentes de escala, operando no ponto P da Figura 1. Um pertence ao setor de serviços (Serviços prestados às empresas), dois pertencem à agroindústria (Fabricação de artefatos de couro e calçados e Fabricação de bebidas; Fabricação de celulose, papel e produtos de papel;) e cinco, à indústria (Fabricação de derivados do petróleo e álcool; Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos; Fabricação de produtos farmacêuticos, perfumaria, higiene e limpeza; e Fabricação de produtos de borracha e plástico). A ineficiência de escala ocorre porque os setores estão operando abaixo da escala ótima. Para aumentar a eficiência técnica, é preciso eliminar os excessos de uso nos insumos e, para operar em escala ótima, é necessário aumentar a produção. Em síntese, esses setores, quando comparados com o desempenho dos outros setores econômicos, devem aumentar a produção, porém esse aumento deve ocorrer reduzindo as relações entre quantidades utilizadas de insumo e o volume de produção.

Por fim, existem treze setores além da ineficiência técnica, operam com escala de retornos decrescentes, situando-se no ponto Q da Figura 1, ou seja, esses setores estão operando acima da escala ótima e tem ineficiência técnica. Compõem esse grupo a agricultura, silvicultura e exploração vegetal e a fabricação de produtos têxteis, dois setores importantes dentro do agronegócio estadual. Ainda neste grupo estão oito setores industriais (Construção; Fabricação de veículos automotores; Indústrias extrativas mineral; Fabricação de produtos químicos; Fabricação de produtos de metal- exclusive máquinas e

equipamentos; Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores; Fabricação de produtos de minerais não-metálicos; e Fabricação de máquinas e equipamentos) e três setores de serviços (Outros serviços; Transporte, armazenagem e correio; e Educação e saúde mercantil).

Para aumentar a eficiência técnica devem-se eliminar os insumos que estão sendo utilizados em excesso, o que equivale a produzir mais utilizando os mesmos insumos. Com relação ao problema de escala, pode-se simplesmente reduzir a produção em cada empresa que compõe o setor, utilizando um número maior de empresa de tamanho menor de forma a produzir a mesma quantidade anterior. Pode-se, ainda, melhorar a tecnologia, aumentando a produtividade dos insumos utilizados. Observa-se, no entanto, que o setor de Beneficiamento de Produtos Vegetais apresenta uma eficiência técnica e de escala superior à média estadual, estando entre os mais eficientes na sua função de transformar capital (insumos) em mais capital (produtos).

A comparação da eficiência de diferentes setores de uma economia, por meio da metodologia do DEA, traz à luz a existência dos custos de oportunidade que existem na alocação dos recursos escassos da sociedade e indicam que se podem priorizar os investimentos em setores que melhor utilizam os insumos disponíveis para a transformação em produtos úteis e que podem ser transacionados com outros estados e com o exterior. Deve-se salientar que esses diagnósticos de ação têm como objetivo corrigir as ineficiências são do ponto de vista social e não necessariamente do ponto de vista de cada setor individualmente. Deve-se ainda avançar essa linha de pesquisa com analogias à literatura da economia industrial, associando-se as estruturas de mercado que prevalecem nesses setores econômicos. Assim, sabe-se que, em mercados de concorrência monopolística, a diferenciação do produto leva a empresa a operar com excesso de capacidade produtiva, operando antes do ponto da escala ótima de produção. Sabe-se também que no equilíbrio de mercado, com poucas empresas dominando o mercado, o resultado esperado de mercado tende, para além da ineficiência produtiva (preço menor que o custo total médio mínimo de longo prazo), à ineficiência alocativa (preço maior que o custo marginal).

Uma extensão do presente trabalho deve ser também a comparação dos indicadores obtidos para Minas Gerais com dados de matrizes de insumo-produto de outros estados da federação, de forma a verificar se existe um padrão setorial semelhante. Outra variante de análise a ser desenvolvida é a comparação de performances de setores semelhantes, por

exemplo, Beneficiamento de Produtos Vegetais, em diferentes estados da federação, de forma a verificar se existem vantagens comparativas em termos regionais.

A Tabela 7 revela as medidas de eficiência para a média dos setores.

Tabela 7 – Medidas de eficiência média para os grupos de setores

Especificação	Eficiência técnica	Eficiência técnica	Eficiência de escala
	Retornos constantes	Retornos variáveis	
Agropecuária	0,722	0,937	0,754
Agroindústria	0,631	0,672	0,931
Indústria	0,352	0,535	0,740
Serviços	0,786	0,888	0,875
Total	0,566	0,696	0,822

Fonte: Dados da pesquisa.

Em termos comparativos a Agropecuária é a parte da economia com máxima eficiência técnica pura, seguida pelos Serviços, pela Agroindústria e pela indústria. Com relação à escala os setores de melhor desempenho pertencem à agroindústria, seguida pelos setores de serviços, pela agropecuária e pelos setores industriais. Nota-se que a indústria é a parte da economia com pior desempenho relativo o que pode, em parte, explicar o processo de desindustrialização que vem ocorrendo no Brasil.

A Tabela 8 mostra uma simulação dos ganhos econômicos que poderiam ocorrer numa situação hipotética de realocação dos recursos da economia, dos setores menos eficientes na transformação de capital (insumos) em mais capital (produtos), para aqueles mais eficientes, considerando apenas as ineficiências técnicas puras. A simulação foi feita com orientação produto, ou seja, visando eliminar as ineficiências por meio do aumento da produção mantendo constante o uso dos insumos.

Essa tabela mostra que, para que haja a convergência de eficiência econômica entre os setores, a indústria deveria aumentar o valor de sua produção em 77,78%; a agroindústria deveria aumentar sua produção, mantendo constante o uso de seus insumos, em 54,30%; o setor de serviços deveria aumentar o valor de sua produção em 12,58%; e o setor da agropecuária deveria aumentar o valor da produção em 9,09%. Vale ressaltar que o aumento do Valor Bruto da Produção pode vir de duas fontes: aumento do preço do produto e aumentos de produtividade.

Tabela 8 – Valor bruto da produção atual e projetado, mantendo-se a mesma quantidade de insumos – orientação produto

Especificação	VBP atual		VBP projetado		Aumento possível (%)
Agropecuária	R\$	24.071,01	R\$	26.260,21	9,09%
Agroindústria	R\$	32.702,22	R\$	50.458,14	54,30%
Indústria	R\$	124.750,62	R\$	221.785,48	77,78%
Serviços	R\$	160.148,34	R\$	180.287,83	12,58%
Total	R\$	341.672,19	R\$	478.791,66	40,13%

Fonte: Dados da pesquisa.

Em resumo, essa simulação mostra o potencial de ganho de recursos para a sociedade com a eliminação das ineficiências técnicas de produção. Esses recursos poderiam ser utilizados para novos investimentos nos próprios setores ou em outras atividades produtivas.

## 5. CONCLUSÃO

O artigo discute as diferenças de desempenho produtivo entre 35 setores do estado de Minas Gerais, com base na metodologia Análise Envoltória de Dados (DEA) e utilizando-se os dados das tabelas de insumo-produto e das contas econômicas integradas do ano de 2005, fornecidas pela Fundação João Pinheiro (FJP).

Os resultados indicam quais setores possuem maior eficiência na transformação de capital (insumos) em mais capital (produtos), de forma a orientar os agentes produtivos na busca contínua da melhor alocação dos fatores de produção. Os setores produtivos de Minas Gerais foram agrupados em seis grupos diferenciados com base na eficiência técnica – eficientes e ineficientes, e na escala de produção – retornos constantes, crescentes e decrescentes. Para cada situação foram sugeridas ações de forma a corrigir problemas e levar os setores a terem desempenhos semelhantes, maximizando a eficiência do ponto de vista social.

O presente trabalho traz desdobramentos aos estudos sobre a dinâmica do crescimento econômico, superando o marco estático da análise de insumo-produto.

Nesse sentido, salienta-se que esses diagnósticos de ação, com o objetivo de se corrigir as ineficiências, são do ponto de vista da sociedade como um todo, não necessariamente do ponto de vista de cada setor individualmente. Assim, deve-se avançar

essa linha de pesquisa com analogias à literatura da economia industrial, associando-se as estruturas de mercado que prevalecem nesses setores econômicos. Outra extensão do presente trabalho deve ser também a comparação dos indicadores obtidos para Minas Gerais com dados de matrizes de insumo-produto de outros estados da federação, de forma a verificar se existe um padrão setorial semelhante. Outra variante de análise a ser desenvolvida é a comparação de performances de setores semelhantes, por exemplo, Beneficiamento de Produtos Vegetais, em diferentes estados da federação, de forma a verificar se existem vantagens comparativas em termos regionais.

A comparação da eficiência de diferentes setores de uma economia, por meio da metodologia do DEA, traz à luz a existência dos custos de oportunidade que existem na alocação dos recursos escassos da sociedade e indicam que se podem priorizar os investimentos em setores que melhor utilizam os insumos disponíveis para a transformação em produtos úteis e que podem ser transacionados com outros estados e com o exterior.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

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, n. 2, 1978. p. 429-444

CHARNES, A., COOPER, W.W., LEWIN, A.Y., SEIFORD, L.M. **Data envelopment analysis: theory, methodology, and application**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994.

COELLI, T.J., RAO, P., BATTESE, G.E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1998.

COELLI, T.J., RAO, D.S.P., O'DONNELL, C.J., BATTESE, G.E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**, 2nd ed. New York: Springer, 2005.



- COOPER, W.W., SEIFORD, L.M., TONE, K. **Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software**. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2000. 318 p.
- COOPER, W.W., SEIFORD, L.M., TONE, K. **Handbook on data envelopment analysis**, 2nd ed. New York: Springer, 2011.
- FÄRE, R., GROSSKOPF, S., LOVELL, C.A.K. **Production frontiers**. Cambridge: Cambridge University, 1994. 295 p.
- FERREIRA, C.M.C., GOMES, A.P., **Introdução à análise envoltória de dados: Teoria, modelos e aplicações**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÃO.  
<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/produtos-e-servicos-cei>
- HULTEN, C. R. **Total factor productivity: a short biography**. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2000. 75 p. Working Paper, 7471.
- INSITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção física industrial. <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/indust/default.asp>
- LINS, M.P.E., MEZA, L.A. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à tomada de decisão**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.
- RAMOS, R. L. O. Metodologia para o cálculo de coeficientes técnicos diretos em um modelo de insumo-produto. **Texto para discussão**, Rio de Janeiro. n. 83. IBGE, 1996, p.94
- ZHU, J. **Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets**, 3rd ed. New York: Springer, 2014.