

IMPACTOS DA INEFICIÊNCIA PRODUTIVA NA ESTIMAÇÃO DE FUNÇÕES DE PRODUÇÃO: UMA APLICAÇÃO PARA A AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO SUL

Adriano Provezano Gomes *
Antonio José Medina dos Santos Baptista **
Eduardo Belisário Finamore ***

RESUMO

Este estudo busca identificar regiões com deficiências técnicas ou alocativas na agropecuária, de modo a adotar políticas de desenvolvimento regional. Essa identificação foi feita por meio de índices de eficiência agropecuária para os municípios do RS. Muitos estudos utilizam a função de produção como ferramenta de análise e de formulação de políticas para o setor agrícola. Entretanto, para que os resultados sejam coerentes, é preciso levar em consideração as ineficiências existentes nos sistemas produtivos. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou avaliar a alocação de fatores na agropecuária comparando duas funções de produção: a função média e a função fronteira. Os dados utilizados referem-se à produção agrícola e aos insumos utilizados nos 427 municípios do estado de Rio Grande do Sul. Utilizando a análise envoltória de dados para calcular os níveis de eficiência técnica e, posteriormente, ajustando-se funções de produção agregadas na forma funcional translog, pôde-se perceber que existem diferenças significativas entre as duas funções. Essas diferenças comprometem a efetividade das ações de qualquer política pública direcionada ao setor.

Palavras-chave: Agropecuária gaúcha. Eficiência. Função de produção média versus de fronteira.

1 INTRODUÇÃO

Aumentar a produtividade na agropecuária é uma das mais importantes metas que os governos têm perseguido ao longo do tempo. Com o aumento da produtividade e o conseqüente aumento da produção, torna-se possível manter o homem no campo,

* Professor do Departamento de Economia da UFV, Viçosa – MG. E-mail: apgomes@ufv.br.

** Doutorando em Economia Aplicada – UFV, Viçosa/MG. E-mail: tozecev@yahoo.com.

*** Professor da FEAC/UPF, Passo Fundo – RS. E-mail: finamore@upf.tche.br.

Teor. e Evid. Econ.	Passo Fundo	v. 14	n. 28	p. 77-97	maio 2007
---------------------	-------------	-------	-------	----------	-----------

aumentar a renda dos produtores rurais, melhorar o saldo da balança comercial, etc. Sendo a agropecuária um dos setores da economia que mais emprega e gera excedente exportável, é importante analisar e propor alternativas que possam melhorar a alocação dos recursos escassos. Aumentos nos níveis de eficiência técnica da produção agropecuária permitirão que o setor aumente sua contribuição no processo de desenvolvimento da economia.

Eficiência, produtividade, elasticidades, entre outros aspectos da economia da produção, são freqüentemente abordados por tomadores de decisão, principalmente se são relacionados a setores de importância estratégica no desenvolvimento econômico e social. Embora muitos estudos analisem essas questões como fatores determinantes do processo produtivo, as técnicas empregadas para estimá-las não são, geralmente, as mais adequadas, visto que se caracterizam pela análise da produtividade parcial ou por medidas subjetivas de eficiência, calculadas por meio de análise da função de produção média, estimada econometricamente.

A agregação das microfunções de produção e a subsequente estimação econométrica para gerar uma macrofunção de produção, sem levar em conta as diferenças na eficiência produtiva, geram resultados viesados. Tais resultados, ao serem utilizados pelos agentes responsáveis pelo processo produtivo, podem comprometer a alocação eficiente dos recursos, os quais são, na maioria das vezes, escassos e caros. Assim, na estimação da função de produção agregada de um estado devem-se levar em conta as características de eficiência produtiva de cada município.

Incorre-se em erros ao tentar comparar diferentes unidades de produção baseando-se apenas na estimação da função de produção média. Isso acontece porque existem diferenças na utilização dos fatores de produção, os quais geram níveis diferentes de eficiência técnica da produção. Assim, para estimar corretamente a função de produção agregada do estado é preciso, antes de tudo, eliminar as ineficiências existentes em cada unidade produtiva.

Em outras palavras, considerando um determinado conjunto de dados referentes aos insumos e produtos de um setor qualquer, podem-se identificar dois tipos de função de produção: a função média, cujo ajustamento ocorre minimizando os erros, e a função fronteira, na qual as observações são desprovidas de ineficiência, ou seja, todas as unidades são projetadas para a “fronteira eficiente de produção” e, a partir daí, é estimada a função de produção. Em síntese, a função média estimada considera a possibilidade de existirem ineficiências, ao passo que na função fronteira todas as unidades são tecnicamente eficientes.

O problema está relacionado à própria existência de algum tipo de ineficiência produtiva. Isso porque, de acordo com os princípios microeconômicos, a busca pela maximização de lucro ocorre sempre ao longo da função de produção, nunca abaixo dela. Em outras palavras, para analisar corretamente as funções de produção é preciso eliminar as ineficiências, projetando as unidades ineficientes para a fronteira eficiente.

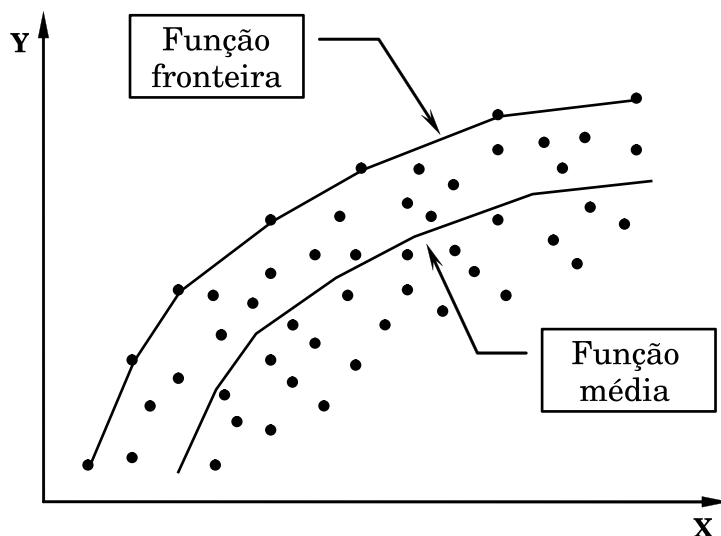
Feito isso, pode-se estimar a função de produção, a qual expressará melhor as relações entre insumos e produto, já desprovida de ineficiência. Empiricamente, a identificação dos índices de eficiência agropecuária para os municípios do Rio Grande do Sul pode ser utilizada pelos elaboradores das políticas no sentido de identificar regiões com deficiências técnicas ou alocativas e adotar políticas que desenvolvam tais regiões.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo é estimar e analisar as funções de produção média e de fronteira. Para identificar as diferenças nessas funções, será analisado o caso do setor agropecuário do Rio Grande do Sul, utilizando dados do Censo Agropecuário referentes aos municípios. A idéia básica é evidenciar alguns erros em que se incorre ao tomar decisões baseando-se apenas na análise de função de produção média estimada. Dessa forma, pretende-se oferecer subsídios aos tomadores de decisão, para que possam estabelecer prioridades e melhorar a alocação de recursos no setor agropecuário.

2 METODOLOGIA

Este estudo baseia-se nos princípios da teoria da produção, especificamente no conceito de “função de produção”, que indica a relação técnica entre a produção máxima obtida em determinada unidade de tempo e os fatores utilizados no processo de produção.

Geralmente, a estimação de funções de produção pode ser realizada por meio de abordagem paramétrica (econométrica) ou não paramétrica (programação matemática). A maior parte dos estudos que pretendem analisar a função de produção utiliza a função de produção média, estimada por técnicas econométricas. Entretanto, como citado anteriormente, esse procedimento pode levar a resultados viesados pelo fato de não levar em conta as diferenças na eficiência produtiva. Nesse sentido, torna-se necessário estimar uma função de produção de fronteira que caracteriza a melhor tecnologia (*best practice*), a partir da qual se podem fazer comparações entre as unidades de produção em termos de eficiência produtiva e estrutura da tecnologia de produção (FARE et al., 1994).



Fonte: Representação das funções de produção média e de fronteira.

Figura 1 - Diferença entre uma função de produção média e uma função de produção de fronteira

Percebe-se que na função média existem pontos acima e abaixo da função, ao passo que na função fronteira todos os pontos situam-se nela, ou abaixo dela. Os pontos que se encontram na função fronteira referem-se às unidades eficientes; já os pontos abaixo da fronteira apresentam algum tipo de ineficiência.

A existência de ineficiências dificulta a estimação precisa dos parâmetros da função de produção, enviesando as estimativas, de acordo com a distribuição da ineficiência das unidades de produção.¹ Em outras palavras, se a produção é dominada por unidades ineficientes, os parâmetros da função média serão semelhantes aos da função que caracteriza as unidades ineficientes. Situação contrária se verifica caso o número de unidades eficientes domine, ou seja, os parâmetros da função média tenderão a se assemelhar aos da função eficiente.

Resumindo o procedimento empírico do estudo, pode-se dizer que, num conjunto de dados envolvendo diversas unidades produtivas que utilizam múltiplos insumos para produzir vários produtos, inicialmente é preciso identificar quais unidades são tecnicamente eficientes, ou seja, são responsáveis pela obtenção da fronteira eficiente.

¹ O viés a que se refere no texto não deve ser confundido com o viés do estimador, uma vez que os estimadores MQO são considerados BLUE (best linear unbiased estimators). Refere-se à possibilidade de existirem diferentes valores dos parâmetros, dependendo da distribuição da ineficiência na amostra.

Conhecendo-se o nível de ineficiência das unidades que se encontram abaixo da fronteira eficiente, é possível projetá-las na fronteira, isto é, identificar como seria o processo produtivo se não houvesse ineficiência. Uma vez projetadas todas as unidades analisadas, o último passo consiste em estimar as funções de produção média e de fronteira. No caso do presente trabalho, optou-se pela função de produção na forma transcendental logarítmica (translog).

2.1 Análise envoltória de dados

Neste estudo, para discriminar os municípios em termos do nível de eficiência será utilizada a abordagem não paramétrica conhecida como “análise envoltória de dados” (DEA). A escolha deste método deveu-se ao fato de poder incorporar a característica multiproduto da agropecuária e não ser necessário especificar formas funcionais nem informações sobre preços.

A análise envoltória de dados é uma técnica não paramétrica que se baseia na programação matemática, especificamente na programação linear, para analisar a eficiência relativa de unidades produtoras. Na literatura relacionada com modelos DEA, uma unidade produtora 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. Por unidade produtora entende-se qualquer sistema produtivo que transforme insumos em produtos.

Segundo Charnes et al. (1994), para estimar e analisar a eficiência relativa das DMUs a DEA utiliza a definição de ótimo de pareto, segundo o qual nenhum produto pode ter sua produção aumentada sem que sejam aumentados os seus insumos ou diminuída a produção de outro produto, ou, de forma alternativa, quando nenhum insumo pode ser diminuído sem ter de diminuir a produção de algum produto. A eficiência é analisada, relativamente, entre as unidades.

Charnes et al. (1978) generalizaram o trabalho de Farrell (1957) para incorporar a natureza multiproduto e multinsumo da produção, propondo a técnica DEA para a análise das diferentes unidades quanto à eficiência relativa.

O modelo DEA com orientação-insumo e pressuposição de retornos constantes à escala procura minimizar a redução proporcional nos níveis de insumo, mantendo fixa a quantidade de produtos. De acordo com Charnes et al. (1994) e Lins e Meza (2000), esse modelo pode ser representado algebricamente por:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta, \lambda, S^+, S^-} \theta, \\
 & \text{sujeito a:} \\
 & -y_i + Y\lambda - S^+ = 0, \\
 & \theta x_i - X\lambda - S^- = 0, \\
 & \lambda \geq 0, \\
 & S^+ \geq 0, \\
 & S^- \geq 0,
 \end{aligned} \tag{1}$$

Em que y_i é um vetor ($m \times 1$) de quantidades de produto da i -ésima DMU; x_i é um vetor ($k \times 1$) de quantidades de insumo da i -ésima DMU; Y é uma matriz ($n \times m$) de produtos das n DMUs; X é uma matriz ($n \times k$) de insumos das n DMUs; λ é um vetor ($n \times 1$) de pesos; S^+ é um vetor de folgas relativo aos produtos; S^- é um vetor de folgas relativos aos insumos e θ é uma escalar que tem valores iguais ou menores do que 1. O valor obtido para θ indica o escore de eficiência da DMU, ou seja, um valor igual a 1 indica eficiência técnica da DMU em relação às demais, ao passo que um valor menor do que 1 evidencia a presença de ineficiência técnica relativa.

O problema de programação linear (PPL) apresentado em (1) é resolvido n vezes, uma vez para cada DMU, e, como resultado, apresenta os valores de θ e λ . Conforme mencionado, θ é o escore de eficiência da DMU sob análise e, caso a DMU seja ineficiente, os valores de λ fornecem os “pares” daquela unidade, ou seja, as DMUs eficientes que serviram de referência (ou Benchmark) para a DMU ineficiente.

Com vistas a incorporar a possibilidade de retornos variáveis à escala, Banker et al. (1984) propuseram o modelo DEA com pressuposição de retornos variáveis à escala, introduzindo uma restrição de convexidade ao modelo CCR, apresentado no PPL (1). O modelo DEA com orientação-insumo e pressuposição de retornos variáveis à escala, apresentado no PPL (2), permite, de acordo com Banker e Thrall (1992), decompor a eficiência técnica em eficiência de escala e pura eficiência técnica. Para analisar a eficiência de escala, torna-se necessário estimar a eficiência das DMUs, utilizando-se tanto o modelo DEA apresentado no PPL (1) como o apresentado no PPL (2). A ineficiência de escala é evidenciada quando existem diferenças no escore desses dois modelos.

O modelo DEA com orientação-insumo, que pressupõe retornos variáveis à escala, pode ser representado pela seguinte notação algébrica:

$$\begin{aligned} \text{MIN}_{\theta, \lambda, S^+, S^-} \quad & \theta, \\ \text{sujeito a:} \quad & \\ & -y_i + Y\lambda - S^+ = 0, \\ & \theta x_i - X\lambda - S^- = 0, \\ & N1'\lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0, \\ & S^+ \geq 0, \\ & S^- \geq 0, \end{aligned} \tag{2}$$

em que $N1$ é um vetor ($n \times 1$) de números uns. As demais variáveis foram anteriormente descritas. 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 ou iguais aos obtidos com retornos constantes. Isso porque a medida de eficiência técnica, obtida no modelo com retornos constantes, é composta pela medida de eficiência técnica no modelo com retornos variáveis e pela medida de eficiência de escala.

Os resultados fornecidos pelos modelos DEA são complexos e ricos em detalhes; logo, quando utilizados corretamente, constituem-se em importante ferramenta auxiliar na tomada de decisão dos agentes envolvidos no processo produtivo. Em virtude dessa complexidade, para descrições mais detalhadas da metodologia recomenda-se a consulta a livros-textos como, por exemplo, Charnes et al. (1994), Färe et al. (1994), Coelli et al. (1998), Lins e Meza (2000), Cooper et al. (2000) e Gomes e Baptista (2004).

2.2 Aspectos da função de produção

Para verificar a estrutura da produção, serão estimadas funções de produção na forma transcendental logarítmica (translog), utilizando-se as mesmas variáveis da análise envoltória de dados. A função de produção translog é considerada uma forma funcional flexível pelo fato de não impor restrições *a priori* aos valores das elasticidades de produção e de substituição entre os fatores. Além disso, a forma funcional translog pode representar de forma mais fiel a tecnologia de produção, possibilitando testes quanto à separabilidade, homogeneidade, monotonicidade, concavidade, entre outras características desejáveis para a tecnologia de produção.

De acordo com Lima (2000), as condições de monotonicidade e concavidade podem não ser satisfeitas globalmente pela função translog. Entretanto, tais propriedades devem ser testadas localmente (sendo o ponto médio das variáveis o mais utilizado). A monotonicidade é satisfeita quando os produtos marginais dos fatores forem positivos. A concavidade da função se verifica quando a matriz Hessiana orlada for negativa semidefinida.

Pressupondo-se separabilidade fraca entre os fatores de produção, de tal forma que possam ser agregados em três grupos – $|X_1, X_2 \text{ e } X_3|$ – a função de produção passa a ser

$$\ln Y_i = \ln \alpha_0 + \sum \alpha_j \ln X_{ji} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 \beta_{jk} \ln X_{ji} \ln X_{ki} + \mu_i$$

em que $i = 1, 2, 3, \dots, N$ são unidades de produção; X_{jk} , $j, k = 1, 2, 3$ são os fatores de produção terra, capital e trabalho; Y é a variável dependente (produção); α_j e β_{jk} são os parâmetros a serem estimados e μ_i é um erro aleatório pressuposto normal, independente e de variância constante.

Em (3), a igualdade $\beta_{jk} = \beta_{kj}$, $j, k = 1, 2, 3$ é a condição imposta pelo teorema de Young, referente à igualdade das derivadas cruzadas de segunda ordem, garantindo as condições de simetria.

Estimando-se os parâmetros da função de produção translog, podem-se calcular as elasticidades de produção (η) e as elasticidades de escala (ϵ) utilizando-se as seguintes expressões:

$$\eta_i = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln X_i} = \alpha_{ij} + \sum_j \beta_{ij} \ln X_j \quad (4)$$

$$\epsilon_i = \sum_i \alpha_i + \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln X_j \quad (4)$$

em que $i, j = 1, 2, 3$ e X é a quantidade média de cada fator.

Para avaliar as relações (substituição ou complementaridade) entre os fatores serão calculadas as elasticidades parciais de substituição apresentadas em Allen (1970). Formalmente, a elasticidade de substituição (σ) mede a mudança percentual na proporção dos fatores em razão de uma mudança na taxa marginal de substituição técnica (TMST). Considerando dois fatores de produção, a elasticidade de substituição entre trabalho (L) e capital (K) é dada por:

$$\sigma_{L,K} = \frac{\partial \ln(L/K)}{\partial \ln(f_K/f_L)} = \frac{\partial(L/K)}{\partial(f_K/f_L)} x \frac{(f_K/f_L)}{(L/K)} \quad (6)$$

em que f denota o produto marginal do fator.

Na função de produção translog, a elasticidade de substituição entre dois fatores é calculada da seguinte forma:

$$\sigma_{ij} = \frac{X_i f_1 + X_2 f_2 + X_3 f_3}{X_i X_j} \frac{F_{ij}}{F} \quad (7)$$

em que $i, j = 1, 2, 3$; X é a quantidade média de cada fator; f_i , a derivada primeira da função de produção (3); F , o determinante da matriz Hessiana orlada da função de produção e F_{ij} é o co-fator do elemento f_{ij} no determinante F . Nota-se que as elasticidades cruzadas são simétricas, isto é:

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$$

Para valores positivos (negativos) de σ_{ij} , os fatores i e j podem ser classificados como substitutos (complementares) no processo produtivo. Elasticidade de substituição igual a zero indica que o par de fatores é empregado em proporções fixas, ao passo que elasticidade infinita implica substituíbilidade perfeita entre os fatores. Valores intermediários indicam o grau de facilidade ou dificuldade em substituir os fatores.

2.3 Dados utilizados e procedimentos

Os dados utilizados foram coletados no Censo Agropecuário 1995/96, referentes aos 427 municípios do estado de Rio Grande do Sul. Para analisar a eficiência relativa dos municípios, foram utilizadas três variáveis relacionadas aos insumos e uma variável relacionada ao produto. São elas:

- Terra (X_1): área explorada, expressa em mil hectares. O conceito de área explorada refere-se à soma de áreas com lavouras permanentes e temporárias, pastagens plantadas, matas plantadas, áreas com pastagens naturais e matas naturais.
- Capital (X_2): despesas realizadas no processo produtivo, medidas em mil Reais.
- Trabalho (X_3): pessoal ocupado nas atividades agropecuárias, expresso em número de trabalhadores.
- Produção (Y): soma do valor da produção vegetal e animal, medida em mil Reais.

Para as variáveis mensuradas em valor monetário, utilizou-se o IGP-DI como deflator.

Para cada município da amostra foi calculado um problema de programação linear como o apresentado em (1). Esse procedimento teve como objetivo calcular o escore de eficiência dos municípios e separá-los em termos do nível de eficiência. Após calcular o escore de eficiência para cada município, os dados originais foram corrigidos, eliminando-se as ineficiências. Com isso, foi possível gerar dois conjuntos de dados: um composto pelos dados originais, isto é, com ineficiências em alguns municípios, e outro com dados corrigidos, isto é, nenhum município apresentando ineficiência. Neste segundo conjunto

de dados (sem ineficiência) foram aplicados problemas de programação linear como os apresentados em (2), sendo um para cada município.

O próximo passo consistiu em estimar as funções de produção na forma funcional translog. Duas funções foram estimadas: a função média, na qual foram utilizados os dados originais, e a função fronteira, utilizando-se os dados desprovidos de ineficiência.

Para estimar a função de produção média definiu-se o modelo de regressão apresentado em (3). A função de produção de fronteira foi estimada de forma semelhante à função média, diferindo apenas nas variáveis utilizadas, isto é,

$$\ln Y_i^P = \ln \alpha_0 + \sum_{j=1}^3 \alpha_j \ln X_{ji}^P + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 \beta_{jk} \ln X_{ji}^P \ln X_{ki}^P + \varepsilon_i \quad (8)$$

$$Y_i^P = Y_i + S_i^+$$

$$\text{Sendo : } X_{1i}^P = \theta_i X_{1i} - S_{1i}^-$$

$$X_{2i}^P = \theta_i X_{2i} - S_{2i}^-$$

$$X_{3i}^P = \theta_i X_{3i} - S_{3i}^-$$

em que θ_i é o escore de eficiência estimado por meio do modelo de envoltória para o i -ésimo município; S_i^+ é a folga do produto e S_{ji}^- refere-se às folgas no j -ésimo insumo estimadas para cada município.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, utilizou-se a análise envoltória de dados, pressupondo-se retornos constantes à escala, a fim de obter a medida de eficiência técnica para cada um dos 427 municípios da amostra. Em seguida, a pressuposição de retornos constantes à escala foi retirada, adicionando-se uma restrição de convexidade, a qual possibilitou a obtenção das medidas de eficiência no paradigma de retornos variáveis. Feito isso, foram calculadas as medidas de eficiência de escala para cada município da amostra. A Tabela 1 sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 1 - Descrição das medidas de eficiência técnica e de escala obtidas para os municípios do Rio Grande do Sul

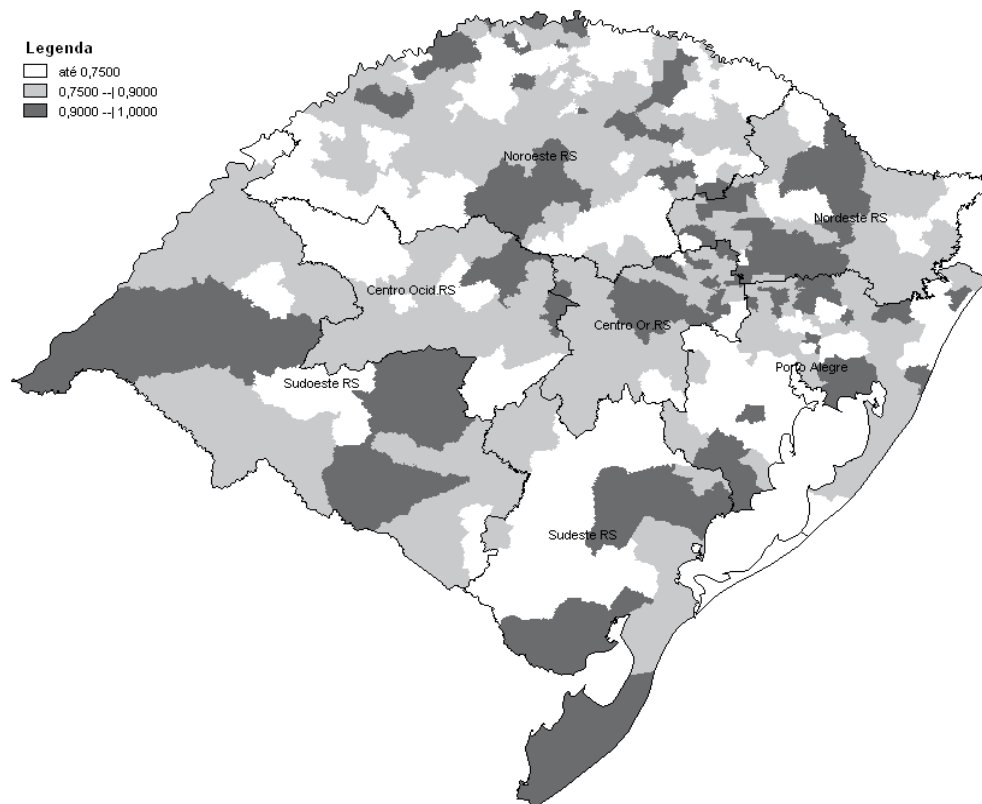
Especificação	Eficiência técnica Retornos constantes	Eficiência técnica Retornos variáveis	Eficiência de escala
Média	0,7614	0,7972	0,9542
Mínima	0,3670	0,4080	0,5974
Máxima	1,0000	1,0000	1,0000
Desvio-padrão	0,1388	0,1278	0,0730

Fonte: Dados da pesquisa.

Sob a pressuposição de retornos constantes à escala, verifica-se que, da amostra total de 427 municípios, apenas 19 obtiveram máxima eficiência técnica, o que equivale a cerca de 4,52% da amostra. O nível médio de ineficiência técnica é de 0,2386 (1-0,7614), o que significa que se pode reduzir, em média, até 23,86% dos gastos com insumos, sem comprometer a produção. Nota-se que os 19 municípios que alcançaram máxima eficiência técnica não podem reduzir os gastos com insumos. Entretanto, os demais podem fazê-lo, tendo como referência aqueles com eficiência técnica igual a um.

Sob a pressuposição de retornos variáveis, a medida de eficiência técnica média foi de 0,7972, superior à média do modelo com retornos constantes. Isso ocorre porque no modelo com retornos variáveis não existe ineficiência de escala, apenas técnica. De fato, existe uma ineficiência de escala média na amostra de cerca de 4,58%.

Na Figura 2 pode-se observar a distribuição geográfica dos municípios, segundo o índice de eficiência técnica obtido nos modelos pressupondo-se retornos variáveis. No intuito de facilitar a visualização, optou-se por separar os municípios em três categorias: a primeira engloba aqueles municípios cuja medida de eficiência técnica foi inferior a 0,75, ou seja, municípios que apresentam, no mínimo, 25% de ineficiência produtiva, num total de 147 (34,4%); a segunda é formada pelos municípios cuja medida de eficiência técnica está entre 0,75 e 0,90, totalizando 182 (42,6%); por fim, a terceira categoria corresponde aos municípios com medida de eficiência técnica superior a 0,90, ou seja, municípios que possuem, no máximo, 10% de ineficiência produtiva, formada por 98 municípios (23,0% do total).



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 2 - Distribuição dos municípios do Rio Grande do Sul de acordo com a medida de eficiência técnica obtida em modelos com retornos variáveis

Para testar a consistência do modelo, após calcular as medidas de eficiência os municípios foram separados de acordo com a eficiência técnica obtida no modelo com retornos variáveis, pois essa separação permite melhor identificação das diferenças existentes entre os municípios. Os municípios foram separados em dois grupos: o primeiro composto pelos municípios eficientes, ou seja, que obtiveram medida de eficiência técnica igual a 1, com 39 municípios; o segundo, composto por 388 municípios, refere-se àqueles municípios que apresentaram ineficiência no modelo com retornos variáveis, ou seja, medida de eficiência técnica menor que 1.

Os dados apresentados na Tabela 2 são relacionados ao valor da produção e às dotações dos recursos terra, trabalho e capital para os grupos de municípios selecionados. Esses dados referem-se ao valor médio por estabelecimento, o que facilita a análise.

Em média, um estabelecimento rural no estado do Rio Grande do Sul utiliza, anualmente, cerca de 50 ha de terra, 3,2 pessoas e R\$ 17.715, os quais, combinados, gerarão uma produção, cujo valor é de R\$ 33.250. Descontadas as despesas diretas, significa dizer que a margem bruta mensal desse produtor médio está em torno de 5,4 salários-mínimos. Vale ressaltar que esse rendimento refere-se ao fluxo de caixa da propriedade, não refletindo despesas indiretas, como depreciações, remuneração da mão-de-obra familiar e do capital investido.

Tabela 2 - Valor da produção, uso de terra, trabalho e capital, produtividade dos fatores e margem bruta por estabelecimento

Especificação	Unidade	Medida de eficiência – Retornos variáveis		
		E = 1	E < 1	Média
Produção	R\$	52.322	31.630	33.205
Terra	Hectare	56,88	49,21	49,79
Capital	R\$	27.085	16.942	17.715
Trabalho	Trabalho	3,47	3,23	3,25
Produtividade da terra	R\$/hectare	920	643	667
Produtividade do capital	Ud	1,93	1,86	1,88
Produtividade do trabalho	R\$/pessoa	15.078	9.793	10.217
Margem bruta*	SM/mês	8,76	5,10	5,38

Fonte: Dados da pesquisa.

* Margem bruta medida em salários-mínimos por mês.

Separando-se por grupos de eficiência, percebe-se que no grupo dos municípios eficientes o valor da produção é maior, assim como a utilização de todos os fatores também é superior. Em termos relativos, a produção do grupo dos eficientes é 65% maior, porém este grupo utiliza mais terra (16%), mais trabalho (7%) e, principalmente, mais capital (60%).

Apesar de utilizarem maior quantidade de fatores, as produtividades desses fatores são todas maiores no grupo dos eficientes. Isso significa que os municípios menos eficientes, apesar de usarem menos insumos, não obtêm produção suficiente para proporcionar maiores produtividades. O resultado é que a margem bruta mensal por estabelecimento dos municípios eficientes é 72% maior, isto é, os produtores dos municípios eficientes recebem, em média, 3,7 salários-mínimos a mais do que aqueles dos municípios menos eficientes.

Em síntese, pode-se dizer que estabelecimentos com processos produtivos que geram maior valor exigem maiores gastos, porém geram maior retorno. Apesar de gastarem mais, esses estabelecimentos são tecnicamente mais eficientes do que aqueles que gastam pouco, porém produzem menos e, conseqüentemente, têm menor receita.

Como o modelo utilizado possui orientação insumo, as ineficiências encontradas referem-se ao uso excessivo dos insumos, isto é, existe a possibilidade de se produzir a mesma quantidade utilizando menos insumos. Essa redução leva em consideração a medida de eficiência e a possibilidade de existência de folga em algum insumo. Calculadas as reduções possíveis, os municípios ineficientes podem ser projetados na fronteira eficiente, a qual foi determinada por aqueles considerados eficientes.

Para verificar as reduções no uso dos insumos que podem ser realizadas ao se eliminar as ineficiências, os dados apresentados na Tabela 3 referem-se às quantidades médias de produto e insumos, com e sem ineficiência, considerando-se todos os municípios do estado. Em outras palavras, uma vez que existem vários municípios ineficientes (dados originais), após calcular as medidas de eficiência técnica, foi possível medir as reduções nos insumos que cada município pode realizar, a fim de se tornarem eficientes. Assim, os valores das médias dos dados sem ineficiência referem-se aos mesmos municípios, porém todos eficientes.

Tabela 3 - Valores médios da produção e dos insumos nos dados originais e nos dados desprovidos de ineficiência

Especificação	Unidade	Dados originais	Dados sem ineficiência	Variação %
Produção	Mil R\$	31.094	31.094	0,0
Terra	Hectares	50.254	30.167	-39,97
Capital	Mil R\$	15.808	13.238	-16,26
Trabalho	Pessoa	3.247	2.627	-19,09

Fonte: Dados da pesquisa.

As reduções ocorreram em maior intensidade no fator terra, seguido pelo trabalho e, por fim, capital, alterando as relações de uso entre os fatores. As diferentes reduções ocorridas nos fatores indicam a escassez relativa do fator capital no segmento produtivo agrícola do Rio Grande do Sul. Com relação ao fator terra, o modelo permite afirmar que cerca de 40% deste fator está sendo utilizado de forma excessiva, cuja redução não comprometeria a produção. É importante destacar que esse valor se refere à média estadual, não significando que todos têm condições de reduzir seu uso, mas apenas aqueles que o estão utilizando de forma ineficiente.

Os fatores trabalho e terra também podem ser reduzidos, embora em menor proporção, sem que haja queda na produção. Uma vez que parcela significativa da

produção agrícola gaúcha é proveniente de estabelecimentos em que predomina a mão-de-obra familiar, pode-se dizer que tal força de trabalho está subutilizada em muitos municípios do estado. Além disso, é comum o capital empregado em pequenas produções ser maior que o necessário. Isso não quer dizer, necessariamente, que há ociosidade no capital, mas, sim, que está sendo empregado de forma incorreta em alguns municípios.

O próximo passo consistiu em estimar as duas funções de produção na forma funcional translog, denominadas de função média e função fronteira. Em termos operacionais, trabalhou-se com dois conjuntos de dados. O primeiro conjunto refere-se aos valores originais das variáveis, ou seja, existência de ineficiência; este conjunto de dados foi utilizado para estimar a função média. O outro conjunto de dados foi obtido ao eliminar, dos dados originais, os excessos de uso dos fatores (ineficiências); neste novo conjunto não existem ineficiências, ou seja, a medida de eficiência de todos os municípios é máxima. Com esses dados estimou-se a função fronteira.

De acordo com os dados da Tabela 3, percebe-se que, embora a produção média seja a mesma nas duas funções, as quantidades utilizadas dos fatores são menores na função fronteira. Isso ocorre pelo fato de o modelo utilizado no cálculo das medidas de eficiência ter orientação insumo. Com isso, é fácil perceber que a produtividade média de todos os fatores é maior na função fronteira.

Na Tabela 4 encontram-se os parâmetros estimados das funções de produção, com as respectivas significâncias obtidas pelo teste t. Ambas as funções apresentaram ótimos ajustamentos, com elevados valores dos coeficientes de determinação (o R^2 da função média foi de 0,9870 e o da função fronteira foi de 0,9987). Não foram detectados problemas de autocorrelação e heterocedasticidade. Além disso, o teste de razão de verossimilhança indicou rejeição da hipótese de tecnologia Cobb-Douglas, a favor da translog nas duas funções. Contudo, nota-se relativa superioridade da estimação da função fronteira, a qual apresentou melhores níveis de significância dos parâmetros e qualidade de ajuste.

Tabela 4 - Parâmetros estimados das funções de produção média e fronteira

Variável	Função Média		Função Fronteira	
	Coefficiente	Estatística t	Coefficiente	Estatística t
Intercepto	-0,208538	-1,75271**	0,072701	1,01064**
Ln T	0,173032	2,212984*	0,237363	7,540867
Ln K	0,620339	8,367811	0,593771	20,99944
Ln L	0,430792	5,169166	0,396800	15,69413
(ln T) ²	-0,021796	-1,01522 ^{ns}	0,050186	5,159244
(ln K) ²	0,069219	2,940746	-0,030943	-4,680496
(ln L) ²	0,127898	4,036480	-0,031853	-3,553157
ln T*ln K	0,029585	2,100027*	-0,029097	-4,941070
ln T*ln L	-0,019567	-0,90362 ^{ns}	-0,040216	-5,460759
ln K*ln L	-0,108917	-5,107166	0,061737	9,649640

Fonte: Dados da pesquisa.

T = terra, K = capital e L = trabalho

** Significativo a 10%

* Significativo a 5%

^{ns} Não-significativo a 10%.

Os demais coeficientes são significativos a 1%.

Na Tabela 5 encontram-se as elasticidades de produção e de escala, além dos produtos marginais dos fatores, calculados para as duas funções de produção. Vale ressaltar que esses indicadores foram calculados utilizando-se os dados médios das respectivas amostras, conforme apresentado na Tabela 3.

Analisando os resultados das Tabelas 4 e 5, pode-se notar que existem diferenças significativas nos parâmetros da função média e da função fronteira. Embora a importância relativa dos fatores nos processos produtivos tenha se mantido (cujas ordens são capital, trabalho e terra), as diferenças nas magnitudes dos coeficientes estimados para os fatores indicam o tamanho do erro em que se pode incorrer na formulação de políticas para o setor quando não se levam em consideração as ineficiências existentes no processo produtivo.

Todas as elasticidades de produção dos fatores estimadas no ponto médio da amostra foram positivas. Em relação à elasticidade de escala, nota-se que na função média os retornos são nitidamente crescentes à escala, ao passo que, na função fronteira, existe evidência de que os retornos possam ser decrescentes à escala.

Tabela 5 - Elasticidades de produção e de escala e produtos marginais dos fatores, calculados nos pontos médios das funções de produção média e fronteira

Especificação	Função média	Função fronteira	Variação %
Elasticidade de produção de T	0,2003	0,1994	-0,45
Elasticidade de produção de K	0,6778	0,4953	-26,93
Elasticidade de produção de L	0,4938	0,2738	-44,55
Elasticidade de escala	1,3719	0,9685	-29,40
Produto marginal do T	0,0567	0,1017	79,37
Produto marginal do K	1,3245	1,3537	2,20
Produto marginal do L	2,1154	2,2123	4,58

Fonte: Dados da pesquisa.

T = terra, K = capital e L = trabalho

Verifica-se, ainda, que os produtos marginais são positivos, indicando que as funções de produção satisfazem à condição de monotonicidade no ponto considerado. Observando-se as diferenças entre as funções de produção, percebe-se que todos os produtos marginais dos fatores aumentaram, cujas intensidades de variação acompanharam as reduções realizadas, ou seja, trabalho, seguido por terra e, por fim, capital.

Na Tabela 6 são apresentadas as elasticidades parciais de substituição de Allen, estimadas com os parâmetros das funções média e de fronteira. De acordo com Lima (2000), essas elasticidades são simétricas e do tipo “um fator-um preço”, ou seja, mostram a mudança percentual na quantidade de um fator resultante da mudança percentual no preço de outro fator, isto é, representa uma medida de como um fator se ajusta às mudanças no preço do outro.

Como se pode verificar, todas as elasticidades de substituição entre dois fatores (σ_{ij}) são positivas, o que indica que todos os pares de fatores são substitutos. Além disso, as elasticidades de substituição entre o mesmo fator (σ_{ii}) são todas negativas, indicando que todo fator de produção é complementar a ele mesmo, confirmando a concavidade da função de produção.

Tabela 6 - Elasticidades parciais de substituição dos fatores na agricultura do Rio Grande do Sul, estimadas nas funções de produção média e fronteira

Elasticidade de substituição	Função média	Função fronteira
Terra-Capital	0,6725	1,4019
Terra-Trabalho	1,1738	1,8861
Capital-Trabalho	1,7324	0,5657
Terra-Terra	-5,1690	-6,0707
Capital-Capital	-1,4608	-0,8772
Trabalho-Trabalho	-2,8543	-2,3974

Fonte: Dados da pesquisa.

Comparando-se os resultados das duas tabelas, verifica-se que as elasticidades de substituição terra-trabalho e terra-capital aumentaram, ao passo que a elasticidade de substituição capital-trabalho diminuiu. Isso significa que na função fronteira existe maior flexibilidade na substituição do fator terra pelos fatores capital e trabalho e menor flexibilidade na substituição entre os fatores capital e trabalho.

Essas diferenças estão relacionadas às dotações iniciais dos fatores e, conseqüentemente, aos produtos marginais. Na situação inicial, a terra estava sendo utilizada em excesso, relativamente aos demais fatores. Como seu produto marginal era pequeno, a substituição deste fator por outro torna-se mais difícil, pois a taxa marginal de substituição técnica é alta. Isso significa que, mantendo-se a mesma produção, é necessário grande redução de terra para utilizar mais trabalho e/ou capital. Ao corrigir esta ineficiência, tornou-se mais fácil a substituição desse fator. Em outras palavras, a redução proporcionalmente maior de terra levou a que o produto marginal deste fator aumentasse mais, reduzindo as taxas marginais de substituição técnica entre terra e os demais fatores.

Com relação ao par capital-trabalho, verificou-se que, na função média, estes fatores estavam sendo utilizados de forma mais eficiente que a terra. Com isso, seus produtos marginais eram relativamente maiores, independentemente das unidades de medida. Nesta situação inicial, o menor excesso existente possibilitava elevada possibilidade de substituição. Uma vez que tais fatores já estavam sendo empregados com relativa eficiência, principalmente o capital, ao terem suas quantidades reduzidas, porém em menor intensidade do que a terra, seus produtos marginais cresceram menos, resultando em redução da elasticidade de substituição entre eles.

Assim, pode-se dizer que, ao tornar o sistema produtivo mais eficiente, aumentou a possibilidade de substituir terra por outro fator e diminuiu a capacidade de substituição entre capital e trabalho. Esse fato se deve à maior especificidade dos sistemas produtivos mais eficientes, uma vez que a tecnologia empregada requer a utilização de capital e trabalho específicos.

4 CONCLUSÕES

Buscou-se, neste trabalho, a identificação dos índices de eficiência agropecuária para os municípios do Rio Grande do Sul, a qual pode ser utilizada pelos elaboradores das políticas para identificar regiões com deficiências técnicas ou alocativas e adotar políticas que desenvolvam tais regiões, apresentando uma proposta metodológica para analisar aspectos da função de produção. O objetivo geral consistiu em estimar e analisar as funções de produção média e de fronteira, para evidenciar as diferenças entre elas, auxiliando no processo de tomada de decisão na agropecuária. Utilizando-se dados do Censo Agropecuário referentes aos municípios do estado do Rio Grande do Sul, aplicou-se a abordagem não paramétrica de análise envoltória de dados para calcular os níveis de eficiência técnica e, posteriormente, ajustaram-se funções de produção agregadas na forma funcional translog. A idéia central foi, além de quantificar as ineficiências, verificar as diferenças existentes nas funções de produção com e sem ineficiências.

Em média, um estabelecimento rural no estado do Rio Grande do Sul utiliza, anualmente, cerca de 50 ha de terra, 3,2 pessoas e R\$ 17.715, os quais, combinados, geraram uma produção cujo valor é de R\$ 33.250. Descontadas as despesas diretas, significa dizer que a margem bruta mensal desse produtor médio está em torno de 5,4 salários-mínimos. O resultado revela que a margem bruta mensal por estabelecimento dos municípios eficientes é 72% maior, isto é, os produtores dos municípios eficientes recebem, em média, 3,7 salários-mínimos a mais do que aqueles dos municípios menos eficientes.

Separando-se por grupos de eficiência, percebe-se que, no grupo dos municípios eficientes, o valor da produção é maior, assim como a utilização de todos os fatores também é superior. Em termos relativos, a produção do grupo dos eficientes é 65% maior, porém este grupo utiliza mais terra (16%), mais trabalho (7%) e, principalmente, mais capital (60%). Apesar de gastarem mais, esses estabelecimentos são tecnicamente mais eficientes do que aqueles que gastam pouco, porém produzem menos e, conseqüentemente, têm menor receita.

Com base no modelo orientação-insumo, as reduções ocorreram em maior intensidade no fator terra, seguido pelo trabalho e, por fim, capital, alterando as relações de uso entre os fatores. Com relação ao fator terra, o modelo permite afirmar que cerca de 40% deste fator está sendo utilizado de forma excessiva, cuja redução não comprometeria a produção. Os fatores trabalho e terra também podem ser reduzidos, embora em menor proporção, 16 e 19%, respectivamente, sem que haja queda na produção. As diferentes reduções ocorridas nos fatores indicam a escassez relativa do fator capital no segmento produtivo agrícola do Rio Grande do Sul.

As elasticidades de substituição entre os fatores de produção são importantes parâmetros para tomadores de decisão, na medida em que definem as possibilidades técnicas de substituição entre os mesmos. A melhor caracterização da tecnologia, em termos da eficiência técnica e da estrutura da função de produção, apontou aos tomadores de decisão que a melhor alocação de recursos na agropecuária gaúcha permite reduzir a utilização do fator terra, com sua substituição por capital e trabalho.

A correção das ineficiências sem dúvida aumentará o potencial produtivo do setor agrícola gaúcho. Contudo, essas correções devem ser feitas com cautela, visando não deixar ociosos os fatores, principalmente trabalho. Na atual crise de emprego em que vive a economia brasileira, é preciso pensar quais seriam os impactos e onde ocorreriam em maior intensidade, antes de tentar implementar mudanças na função de produção.

5 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. D. *Análise matemática para economistas*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1970. v. 1.

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.

BANKER, R. D.; THRALL, R. M. Estimation of returns to scale using DEA. *European Journal of Operational Research*, v. 62, n. 1, p. 74-84, 1992.

CHARNES, A. et al. *Data envelopment analysis: theory, methodology, and application*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994. 513p.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 429-444, 1978.

COELLI, T. J.; RAO, P.; BATTESE, G. E. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1998. 275p.

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.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LOVELL, C. A. K. *Production frontiers*. Cambridge: Cambridge University, 1994. 295 p.

FARREL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, part III, p. 253-290, 1957.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. Análise envoltória de dados: conceitos e modelos básicos. In: SANTOS, M. L.; VIEIRA, W. C. (Ed.). *Métodos quantitativos em economia*. Viçosa: UFV, 2004. p. 121-160.

LIMA, J. E. Definições e aplicações de elasticidades de substituição: revisão e aplicação. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 38, n. 1, p. 9-44, jan./mar. 2000.

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. 232p.

SYNOPSIS

INFLATION TARGETING AND THE STRUCTURAL MODEL OF FORECAST: AN ANALYSIS FROM THE BRAZILIAN CASE

The present work searches to present the macroeconomic notes that base the regimen of inflation goals and has as main objective to argue the problems faced in the conduction of the monetary politics on this regimen in a scene of raised public deficit. The structural model of forecast is presented searching to demonstrate that the goals of inflation pursued by the Bacen are inferior to that called inflation of "balance", imposing on this way restrictions to the economic growth. The main conclusions point in the direction of direction of the urgent necessity of a fiscal reform.

Key-words: Monetary politics. Time inconsistency problem. Inflation targeting.

SYNOPSIS

METAS DE INFLACIÓN Y EL MODELO ESTRUCTURAL DE PREVICIÓN: UN ANÁLISE A PARTIR DEL CASO BRASILEÑO

El presente trabajo busca presentar los apuntamientos macroeconomicos que fundamentan el regimen de metas de inflación y tiene como objetivo principal discutir los problemas afrontados en la condición política monetária sobre este regimen en un escenério de elevado déficit público. Presentar el modelo estructural de prevision donde se busca demostrar que las metas de inflación perseguidas por el Bacen son inferiores a los que se puede llamar de inflación de equilibrio imponiendo, de esta forma, restricciones al crecimiento economico. Los principales conclusions apuntam en el sentido urgente de una reforma fiscal.

Palabras llave: Política monetaria. Problema de la inconsistencia. Metas de inflación.