



Universidade de Brasília
Departamento de Economia
Mestrado Acadêmico em Economia

**Eficiência Tributária Municipal em Dois Estágios:
Análise Envoltória de Dados (DEA)
e Regressão Quantílica**

Pedro Lucas da Cruz Pereira Araújo

Dissertação submetida ao Departamento de Economia da Universidade de Brasília como requisito à obtenção do título de Mestre em Economia sob a orientação das Professoras Doutoras **Maria Eduarda Tannuri-Pianto e Maria da Conceição Sampaio de Sousa.**

Brasília
Agosto de 2007



Universidade de Brasília
Departamento de Economia
Mestrado Acadêmico em Economia

**Eficiência Tributária Municipal em Dois Estágios:
Análise Envoltória de Dados (DEA)
e Regressão Quantílica**

Pedro Lucas da Cruz Pereira Araújo

Banca Examinadora:

Professora Dr^a. Maria Eduarda Tannuri-Pianto (Orientadora, UnB)

Professora Dr^a. Maria da Conceição Sampaio de Sousa (Co-orientadora, UnB)

Marcos José Mendes (Senado Federal)

Rogério Boueri Miranda (Ipea)

Dedicatória

Dedico esta dissertação a minha mãe, Agueda Maria da Cruz Pereira Araújo.

Agradecimentos

Aos meus pais, por terem me dado a chance e os meios para desenvolver o meu potencial. Meu pai como base e minha mãe enquanto norte, fontes de inspiração e admiração. Meus exemplos.

Aos meus irmãos queridos, que me apóiam e tomam como suas minhas vitórias, atribuindo a elas maior significado e a mim mais responsabilidade. Meus estímulos.

A minha amada esposa, presente desde o primeiro dia de minha trajetória acadêmica e companheira para toda a vida.

A meus avós, tios, primos e demais membros da minha família, que me aceitam incondicionalmente e torcem por mim.

Aos meus amigos, que contribuíram decisivamente para a construção do que hoje sou.

Aos professores que encontrei pelo caminho, por todo conhecimento, incentivo e orientação. Em especial, a José Carlos de Oliveira, Maria da Conceição Sampaio de Sousa, Maria Eduarda Tannuri-Pianto, Mauricio Soares Bugarin, Mirta Noemi Sataka Bugarin e Roberto de Góes Ellery Júnior. Verdadeiros mestres.

Aos meus colegas analistas, gerentes e coordenadores da Coordenação-Geral das Relações e Análise Financeira dos Estados e Municípios (COREM) da Secretaria do Tesouro Nacional (STN), sem apoio e compreensão dos quais a conclusão do mestrado não teria sido possível.

"It struck me that this quietly staring man whom I was watching, both as if he were myself and somebody else, was not exactly a lonely figure. He had his place in a line of men whom he did not know, of whom he had never heard; but who were fashioned by the same influences, whose souls in relation to their humble life's work had no secrets for him".

(Joseph Conrad, *The Shadow Line: A Confession*)

Resumo

Este estudo apresenta uma análise em dois estágios da eficiência tributária de uma amostra de municípios brasileiros. No primeiro estágio são computados índices de eficiência utilizando a Análise Envoltória de Dados para estimar uma função (fronteira) de produção, considerando despesas administrativas e funcionários como insumos e receitas e cadastros tributários como produtos. Buscando gerar estimativas mais robustas de índices de eficiência, foi aplicada uma técnica de identificação e remoção de observações discrepantes da amostra, conhecida como *Jackstrap*. Já o segundo estágio recorre à análise de regressão com o intuito de estimar a influência de fatores externos na eficiência tributária municipal. Os índices robustos obtidos no primeiro estágio são então regredidos em variáveis indicativas de escala, base tributária, estrutura administrativa, composição do PIB, variáveis fiscais, entre outras. Além de Mínimos Quadrados Ordinários também é utilizada a Regressão Quantílica para quantificar o impacto dessas variáveis em pontos distintos da distribuição dos índices de eficiência.

Palavras-chave: Eficiência tributária, municípios, Análise Envoltória de Dados, fronteira, *Jackstrap*, Regressão Quantílica.

Abstract

This study presents a two-stage analysis of tax efficiency for a sample of Brazilian municipalities (local governments). In the first stage efficiency indexes are computed by using Data Envelopment Analysis to estimate a production function (frontier) where administrative expenditures and employees are inputs and tax registries and revenues are outputs. In order to generate more robust estimates of efficiency indexes we apply a method called *Jackstrap* to identify and remove outliers from the data set. Finally, in the second stage we use regression analysis to investigate the influence of external factors on municipal tax efficiency. The robust indexes computed in the first stage are regressed on variables indicating scale, tax base, administrative setting, GDP composition and fiscal variables among others. We apply both Ordinary Least Squares and Quantile Regression to quantify the impact of these variables throughout the distribution of the efficiency indexes.

Keywords: Tax efficiency, local governments, Data Envelopment Analysis, frontier, *Jackstrap*, Quantile Regression.

JEL Codes: C14, C67, D61, H21, H71.

Sumário

1.	Introdução.....	1
1.1.	Objetivos.....	1
1.2.	Relevância.....	2
1.3.	Revisão da Literatura.....	3
2.	Metodologia.....	8
2.1.	Medidas Não Paramétricas de Eficiência.....	11
2.1.1.	DEA e FDH.....	13
2.1.2.	<i>Leverage</i> e o Método <i>Jackstrap</i>	18
2.2.	Análise de Regressão.....	21
2.2.1.	Regressão Quantílica.....	22
3.	Amostra de dados para estimação da fronteira.....	24
3.1.	Produtos e insumos.....	25
4.	Resultados.....	32
4.1.	Cálculo dos <i>leverages</i>	32
4.2.	Detecção e exclusão dos <i>outliers</i>	34
4.3.	Índices de eficiência.....	37
4.4.	Regressões.....	38
5.	Conclusões.....	49
6.	Referências bibliográficas.....	53
7.	ANEXOS - Tabelas.....	58
8.	ANEXOS - Figuras.....	63

Índice de tabelas e figuras

Tabelas

Tabela 1. Insumos e produtos dos municípios – 2004.....	31
Tabela 2. Análise das observações mais influentes: Razões entre produtos e insumos....	33
Tabela 3. Lista de <i>outliers</i>	36
Tabela 4. Estatísticas descritivas dos índices de eficiência DEA-CRS.....	38
Tabela 5. Regressão de LEFIC: média e quantis.....	44
Tabela A1: Descrição detalhada dos insumos e produtos dos municípios – 2004.....	58
Tabela A2: <i>Outliers: Jackstrap</i> aplicado ao DEA-CRS, NRS, VRS e FDH.....	59
Tabela A3: Estatísticas descritivas dos insumos e dos produtos da amostra original.....	60
Tabela A4: Estatísticas descritivas dos insumos e dos produtos da amostra corrigida.....	60
Tabela A5: Estatísticas descritivas dos índices DEA-CRS, NRS, VRS e FDH.....	60
Tabela A6: Descrição detalhada das variáveis presentes na equação de regressão.....	61
Tabela A7: Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na equação de regressão.....	62
Tabela A8: Matriz de correlação das variáveis utilizadas na equação de regressão.....	62

Figuras

Figura 1a: Histograma DEA-CRS amostra original.....	37
Figura 1b: Histograma DEA-CRS amostra corrigida.....	37
Figura A1a: Histograma DEA-NRS amostra original.....	63
Figura A1b: Histograma DEA-NRS amostra corrigida.....	63
Figura A2a: Histograma DEA-VRS amostra original.....	63
Figura A2b: Histograma DEA-VRS amostra corrigida.....	63
Figura A3a: Histograma FDH amostra original.....	63
Figura A3b: Histograma FDH amostra corrigida.....	63

1. Introdução

1.1. Objetivos

O primeiro objetivo é quantificar a eficiência técnica dos Municípios na produção de receitas e cadastros tributários. Para tanto será utilizado um procedimento estatístico não paramétrico, a Análise Envoltória de Dados – DEA¹. Essa metodologia possibilita a identificação de uma fronteira de práticas relativamente eficientes, composta pelos Municípios da amostra que possuem as maiores razões entre produtos e insumos. A comparação entre os Municípios que estão sobre a fronteira e aqueles englobados por ela dá origem a índices de eficiência relativa, compreendidos entre 0 e 1, em que 0 indica total ineficiência e 1 máxima eficiência relativa na produção de arrecadação tributária.

Por se basear em uma fronteira de dados, os índices de eficiência obtidos pela aplicação do método DEA são muito sensíveis à presença de *outliers*. Visando a geração de estimativas mais robustas de eficiência, serão utilizadas técnicas de detecção e exclusão de *outliers*. A detecção é feita pelo método *Jackstrap*, proposto por Sousa e Stosic (2005), que consiste numa combinação das técnicas de reamostragem de *Jackknife* e *Bootstrap*. Os resultados do *Jackstrap* são então utilizados em uma função do tipo *Heaviside* para excluir da amostra as observações mais influentes.

Uma vez obtidos índices robustos de eficiência, o segundo objetivo é investigar seus possíveis determinantes. A idéia básica é identificar, por meio de modelos econométricos, inclusive de regressão quantílica, variáveis capazes de explicar as diferenças de eficiência observadas entre os Municípios da amostra.

¹ Abreviação do termo em inglês, *Data Envelopment Analysis*.

1.2. Relevância

A análise da eficiência tributária dos Municípios brasileiros é de fundamental importância, considerando que os recursos à disposição das administrações municipais são escassos e que a arrecadação tributária é uma das fontes de financiamento das despesas relacionadas à provisão de serviços públicos.

De fato, os índices de eficiência servem como parâmetros de avaliação da administração tributária municipal. O uso da metodologia DEA, em particular, por basear-se no conceito de fronteira sem forma funcional estabelecida, implica que a avaliação da eficiência técnica ocorre mediante comparação com as melhores práticas observadas na amostra de Municípios.

O estudo também traz a aplicação de um método estatístico que pode ser utilizado para detectar *outliers* e erros de medida em grandes amostras de dados. As observações influentes são então excluídas da amostra com o intuito de gerar índices de eficiência mais robustos.

Tendo em vista a formulação adequada de políticas públicas, principalmente num contexto federativo, é crucial a identificação dos fatores capazes de explicar os índices de eficiência obtidos. A análise de regressão pode indicar, por exemplo, se as transferências intergovernamentais afetam a eficiência tributária dos Municípios. Também pode ser investigado se Municípios com bases tributárias mais amplas e desenvolvidas tendem a ser mais eficientes.

A utilização da regressão quantílica, em particular, contribui para a investigação dos impactos das variáveis explicativas ao longo de diferentes classes de eficiência, o que parece ser o mais adequado, tendo em vista a grande heterogeneidade observada nos dados municipais.

1.3. Revisão da Literatura

Os primeiros estudos que buscavam comparar desempenhos tributários de unidades governamentais estavam interessados, fundamentalmente, nas diferenças observadas entre as cargas tributárias² de uma amostra de países. A partir dos trabalhos pioneiros de Lotz e Morss (1967) e de Shin (1969), passou a ser amplamente utilizado o índice de esforço tributário³, que é a razão entre a carga tributária efetivamente observada e a carga tributária potencial do país.

Como a carga tributária potencial não é passível de observação, nesses estudos ela é geralmente estimada para amostras de dados de corte transversal, com base em modelos econométricos em que a carga tributária efetivamente observada é regredida, por mínimos quadrados, em diversas combinações de variáveis explicativas (PNB *per capita*, a participação da agricultura no PIB, o grau de abertura comercial da economia e indicadores sociais⁴). Nesse caso, um índice elevado indica que o país possui uma carga tributária maior do que seria esperado, dadas suas condições sociais e econômicas. Ou seja, seu esforço é tal que consegue explorar seu potencial tributário de maneira mais eficiente do que a média dos países da amostra.

Além de conterem exames resumidos da literatura, estudos mais recentes sobre o esforço tributário de governos nacionais fazem uso de técnicas econométricas alternativas. Leuthold (1991) e Piancastelli (2001), por exemplo, apresentam estimativas de regressões à média utilizando modelos de dados de painel.

² A carga tributária de um país é definida como a razão entre sua receita tributária total e sua renda, medida com base em uma *proxy*, como o Produto Interno Bruto – PIB e o Produto Nacional Bruto – PNB.

³ Em inglês, *tax effort indices*.

⁴ Comparações internacionais de índices de esforço tributário utilizando diversas amostras e diferentes especificações de equações de regressão podem ser encontradas em Lotz e Morss (1970), Bahl (1971), Chelliah (1971), Chelliah, Baas e Kelly (1975), Tait, Gratz e Eichengreen (1975), Bird (1976) e Ansari (1983).

O estudo de Varsano *et alli* (1998), por seu turno, utiliza o método de fronteira estocástica⁵ sobre uma amostra de dados transversais para estimar a receita tributária potencial e, a partir da comparação com a arrecadação tributária efetiva, comparar o esforço tributário de diferentes países. A utilização da fronteira implica que, ao invés de analisar os esforços de arrecadação em relação a uma média condicional, a comparação se baseia no nível máximo de arrecadação dada por uma função de produção de receita tributária.

Um modelo de fronteira estocástica muito semelhante ao contido em Varsano (1998), também é utilizado na pesquisa empreendida por Reis e Blanco (1996), que pode ser identificada como a primeira tentativa de medição da receita tributária potencial (ou capacidade tributária) de unidades de governo subnacionais brasileiras. A principal diferença metodológica é que Reis e Blanco (1996) utilizam um modelo adaptado a dados de painel⁶.

O trabalho preliminar de Reis e Blanco (1996) serviu de base ao estudo detalhado de Blanco (1998), onde é estimada a arrecadação tributária potencial (a capacidade tributária) dos três níveis de governo nas distintas unidades da Federação brasileira para o período 1970/90, também utilizando o método de fronteira estocástica. Segundo o autor:

“As vantagens desse método podem ser sintetizadas em dois aspectos: em primeiro lugar, a compatibilidade entre o conceito de capacidade tributária e a estimação do nível máximo de arrecadação tributária, o qual é definido como o nível de arrecadação que se poderia alcançar com uma exploração eficiente das bases de tributação, dadas as condições econômicas de cada unidade de governo; e, em segundo, a comparação entre as arrecadações observadas e potencial permite mensurar o grau de eficiência das administrações tributárias dos três níveis de governo nas distintas unidades da Federação.”

⁵ A referência básica é Aigner, Lovell e Schmidt (1977). A indicação de Varsano *et alli* (1998) é Battese (1992).

⁶ As referências são Battese e Coelli (1991), Coelli (1991), Battese (1992) e Battese e Tessema (1993).

Em Blanco (1998), a função de arrecadação tributária é especificada da seguinte forma:

$$R_{it} = f[\beta, PIB_{it}, POP_{it}, (N_{it}/ PIB_{it}), (POP_{Uit}/ PIB_{it}), INF_t] \exp(v_{it})$$

onde R_{it} é a arrecadação tributária, PIB_{it} é o produto interno bruto, POP_{it} é a população total, N_{it} é o produto industrial, POP_{Uit} é a população urbana, INF_t é a inflação, v_{it} é o termo de erro, β é o termo constante de efeitos fixos, i é o sub-índice referente à unidade federativa e t é o sub-índice que indica o período considerado.

Assim como em Reis e Blanco (1996) e Varsano *et alli* (1998), a especificação do resíduo é dada por $v_{it} = u_{it} - e_{it}$, onde $u_{it} = N(0, \sigma_u^2)$ *i.i.d.* reflete efeitos aleatórios de políticas não tributárias que afetam a arrecadação e $e_{it} = N(\mu, \sigma_e^2)$ é um componente “menos estocástico”, relacionado a características específicas das administrações tributárias em cada unidade de governo, tais como a eficiência na arrecadação de impostos. Portanto, a diferença entre a arrecadação potencial (capacidade tributária) e a observada é dada pelo componente estocástico e_{it} , de forma que a capacidade tributária pode ser definida como:

$$R_{it}^* = f[\beta, PIB_{it}, POP_{it}, (N_{it}/ PIB_{it}), (POP_{Uit}/ PIB_{it}), INF_t] \exp(u_{it})$$

O índice de esforço tributário pode, então, ser obtido pela comparação entre arrecadação e capacidade de tributação:

$$IEF_{it} = R_{it}/ R_{it}^* = \exp(-e_{it})$$

Supondo que $e_{it} \geq 0$, tem-se que $R_{it} \leq R_{it}^*$. Ou seja, a receita tributária potencial (capacidade de tributação) é o limite superior (ou fronteira estocástica) da arrecadação tributária.

Uma vez especificada a equação de arrecadação potencial e definidas as propriedades estocásticas do modelo, procede-se à estimação, por máxima verossimilhança, dos coeficientes correspondentes às variáveis explicativas e dos parâmetros do termo estocástico.

De posse da estimativa de receita potencial, são obtidos os índices de esforço tributário, que são indicativos do grau de eficiência na arrecadação tributária. Esses índices, por sua vez, são utilizados em um segundo estágio, quando são regredidos em variáveis explicativas. A idéia é identificar se a estrutura de financiamento das despesas, em particular, as transferências intergovernamentais, tem efeitos sobre o nível eficiência na arrecadação tributária das unidades governamentais.

A utilização do método de fronteira estocástica, em que o termo aleatório possui dois componentes distintos, de forma que um deles pode ser identificado como o grau de ineficiência na produção de arrecadação tributária, foi utilizado em uma série de estudos subseqüentes aplicados à realidade de Estados e/ou Municípios brasileiros⁷.

A partir do estudo de Ribeiro (1998), porém, a estimação dos coeficientes de variáveis explicativas da eficiência tributária passa a ser feita de maneira simultânea. Segundo esse autor, a estimação de coeficientes de variáveis explicativas para a eficiência tributária via análise de regressão, conforme feito em Blanco (1998) pode gerar resultados viesados, pois a estimação no segundo estágio, nas palavras de Battese e Coelli (1995) "*contradicts de assumption of identically distributed inefficiency effects(...)*". Ribeiro (1998) também destaca que:

“Outra crítica que pode ser feita, dentro de uma análise de dados de painel, é a possibilidade dos componentes não observados na estimação da fronteira serem correlacionados com as variáveis explicativas, gerando estimadores tendenciosos.”

⁷ Ver Ribeiro(1998), Ribeiro (1999), Shikida (1999), Ribeiro e Schwengber (2000), Ribeiro e Shikida (2000), Blanco (2001), Baptista (2002), Campello (2003) e Ribeiro (2005).

Tendo em vista estas críticas, conforme exposto em Ribeiro e Shikida (2000), o modelo é alterado de maneira que $e_{it} = N(m_{it}, \sigma_e^2)$, tal que $m_{it} = z_{it}\delta$, onde δ é um vetor de parâmetros e z é um vetor de variáveis que influenciam especificamente a eficiência da unidade governamental na produção de arrecadação tributária. São comumente utilizadas como variáveis explicativas as transferências intergovernamentais, as receitas de capital e, no caso específico de Municípios, a data de sua fundação.

Neste ponto, cabe destacar que na literatura que se propõe a analisar a eficiência tributária de unidades governamentais brasileiras predomina a utilização de métodos paramétricos. Como já mencionado, são vários os estudos que baseiam sua análise na estimação de fronteiras estocásticas. Há, também, os estudos que recorrem à análise de regressão à média para estimar e/ou explicar o grau de ineficiência⁸.

São raras as tentativas de abordar o problema desde uma perspectiva não-paramétrica. Campello (2003), utilizou a Análise Envoltória de Dados – DEA, com retornos crescentes de escala, para avaliar a eficiência dos Municípios de São Paulo na arrecadação do Imposto sobre a Propriedade Predial Territorial Urbana – IPTU, do Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza – ISSQN e do Imposto sobre Transmissão “Inter Vivos” de Bens Imóveis e de Direitos Reais sobre Imóveis – ITBI.

Os referidos impostos figuram como produtos e, como insumo, são consideradas medidas de qualidade de gestão pública (indicadores de planejamento fazendário e de estrutura fiscal), a composição das receitas (participação das receitas próprias, de devolução e das distributivas no total da receita) e variáveis sócio-econômicas (a população total, o número de domicílios permanentes, a renda

⁸ São exemplos os estudos de Piancastelli *et al* (2004) e Carvalho Jr. (2006).

média familiar, o valor adicionado fiscal, o valor agregado pela indústria e o valor agregado pelo comércio).

Gasparini e Melo (2004) também fazem uso da metodologia DEA na tentativa de avaliar os impactos das transferências do Fundo de Participação dos Municípios – FPM sobre o comportamento fiscal dos Municípios de Pernambuco e do Rio Grande do Sul.

Assim como em Campello (2003), a análise recai sobre o potencial tributário do município, ou seja, o máximo de receitas que se pode obter, dadas as características da base tributária local. O modelo utilizado é, por isso, orientado para o produto, isto é, a receita tributária dos municípios. Os índices de eficiência, nesse caso, são computados assumindo a hipótese de retornos variáveis de escala. Os insumos buscam refletir o nível de atividade do município (renda total e cota-parte ICMS⁹), bem como as principais bases de incidência dos tributos municipais: propriedade territorial urbana (população urbana e massa salarial do pessoal ocupado em atividades imobiliárias e de prestação de serviços a empresas) e prestação de serviços (massa salarial do pessoal ocupado em atividades relacionadas à alimentação e alojamento).

2. Metodologia

O presente estudo propõe uma análise em dois estágios. O primeiro estágio é caracterizado pela obtenção dos índices de eficiência tributária municipal utilizando um método não-paramétrico de estimação da função (fronteira) de produção. Já o segundo estágio recorre à análise de regressão com o intuito de estimar impacto de variáveis externas à função de produção na eficiência tributária.

⁹ Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços.

Ao contrário dos demais estudos que aplicam métodos não paramétricos à pesquisa do desempenho tributário de municípios, aqui a análise empreendida no primeiro estágio não recai sobre o potencial tributário dessas jurisdições, isto é, o máximo de arrecadação tributária que pode ser obtido dadas as medidas de base tributária, qualidade de gestão pública e composição da receita dos municípios.

Neste estudo os insumos, despesas administrativas e funcionários, representam recursos empregados pelas prefeituras na atividade tributária, entendida como produção e receitas e cadastros tributários. De forma que o objetivo é quantificar a eficiência técnica da administração tributária dos municípios, avaliando, com base na observação das melhores práticas, se os municípios empregam de maneira relativamente eficiente as despesas administrativas e os funcionários na produção de receita e cadastros tributários.

Outra diferença em relação a estes estudos é a amplitude da base de dados utilizada. Ao invés de restringir a análise a municípios de Estados ou regiões específicas, a fronteira aqui estimada considera os dados de uma amostra que contempla municípios de todas as unidades da federação¹⁰. Como os municípios são muito heterogêneos e as medidas não paramétricas de eficiência são muito sensíveis à presença de observações discrepantes, foi aplicada uma técnica de identificação e remoção de *outliers*, gerando estimativas mais robustas de índices de eficiência tributária.

Em relação aos trabalhos que exploram técnicas econométricas para a estimação dos índices de esforço tributário, são duas as vantagens do método não paramétrico empregado neste estudo. Em primeiro lugar, o método aqui adotado dispensa a definição de uma função de produção, que, normalmente, não é conhecida *a priori*. Como consequência, a análise se torna menos suscetível à arbitrariedade na escolha da especificação da função de produção. Em segundo

¹⁰ A única exceção é o Distrito Federal, que não possui nenhum município.

lugar, o método permite considerar não apenas múltiplos insumos como também contemplar múltiplos produtos, agregando mais informação aos índices estimados.

A opção pela utilização do método não paramétrico, porém, tende a limitar o potencial de análise. Isso porque, conforme salientado em Valdmanis e Blank (2002), o método, por definição, não contempla termo de erro aleatório e, portanto, qualquer desvio da fronteira é interpretado como ineficiência. Entretanto, é razoável supor que em muitos casos a distância relativa da prática eficiente é determinada por variáveis não incluídas na função de produção ou por variáveis que não estão sob o controle das administrações municipais.

Esta desvantagem é contornada pela utilização de análise regressão por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Em um segundo estágio os índices obtidos no primeiro estágio são regredidos à média em variáveis externas à função de produção.

Como destacado anteriormente, essa abordagem pode revelar-se problemática se, no primeiro estágio, os índices também forem obtidos via análise de regressão. Isso porque, no segundo estágio, a hipótese de erros aleatórios (medida da ineficiência relativa) independentes e identicamente distribuídos não seria satisfeita, resultando em estimativas MQO possivelmente viesadas.

A regressão de índices obtidos por métodos não paramétricos é imune a este tipo de problema mas, como os índices são restritos ao intervalo $[0,1]$, os coeficientes estimados via MQO não convergem em probabilidade para o valor verdadeiro dos coeficientes desconhecidos e, portanto, são inconsistentes [Mendonça *et.al.*(2006)].

Uma solução para este problema pode ser encontrada em Proite e Sousa (2004)¹¹. De acordo com os autores, baseado nos trabalhos Banker & Natarajan (2001) e Valdmanis & Blank (2002), a utilização do logaritmo¹² dos índices de eficiência como variável dependente resulta em estimativas MQO consistentes.

Finalmente, visando investigar o impacto das variáveis explicativas ao longo de pontos distintos da distribuição dos índices de eficiência, e não apenas na média, o presente estudo faz uso do instrumental de regressão quantílica. A mesma equação de regressão à média condicional é estimada para cinco diferentes quantis condicionais da distribuição dos índices de eficiência.

2.1. Medidas Não Paramétricas de Eficiência

A eficiência é uma preocupação central da teoria econômica. Em particular, há o interesse de se mensurar a eficiência técnica de uma firma, isto é, de se avaliar quantitativamente se esta produz o melhor resultado possível, dados os recursos disponíveis. Para tanto, as análises econômicas recorrem à função de produção, que estabelece a maior produção que se pode realizar com determinada quantidade de insumos, ou à função custo, que indica o dispêndio mínimo necessário à obtenção de uma dada quantidade de produto. Ambas representam limites (máximo e mínimo respectivamente) e, como tais, são exemplos de fronteiras que podem servir de parâmetro à mensuração da eficiência técnica das firmas.

Para mensurar a eficiência técnica de uma firma é necessário, portanto, ter conhecimento da fronteira do processo produtivo da indústria em que está inserida. Entretanto, a função produção ou da função custo de uma determinada atividade não costuma ser identificável *a priori* e, por isso, é necessário estimá-la.

¹¹ Os autores destacam que o modelo Tobit não é adequado, e que uma alternativa pode ser vista em Xue e Harker (1999).

¹² Em realidade, a condição suficiente é a utilização de qualquer função crescente, monótona e côncava.

São várias as metodologias existentes para a estimação de fronteiras que, dependendo da definição ou não de uma forma funcional *a priori*, podem ser classificadas como paramétricas ou não-paramétricas. Nas abordagens paramétricas a forma funcional da fronteira é definida *a priori* e a estimação é feita utilizando métodos econométricos. Esse é o caso do método de estimação de fronteiras de produção estocásticas – SF¹³.

Já os métodos não-paramétricos utilizam técnicas de programação linear para estimar uma superfície que envolva todos os dados observados. A estimação é feita com base nos processos empreendidos pelas firmas relativamente mais eficientes considerando apenas algumas propriedades que o conjunto de possibilidades de produção deve possuir.

De fato, os modelos de análise envoltória de dados como o DEA e o FDH¹⁴ não impõem qualquer forma funcional *a priori* à tecnologia de produção. A não ser pelos axiomas de regularidade usuais, como espaço da tecnologia limitado e fechado, esses métodos se baseiam em hipóteses bastante simples como o livre descarte de insumos e produtos e, no caso específico da variante DEA, a convexidade do espaço da tecnologia. Entretanto, um dos problemas desses métodos é a grande sensibilidade de suas estimativas à presença de observações atípicas e de erros de medida.

Os métodos DEA e FDH são brevemente descritos abaixo e, em seguida, é apresentada a técnica adotada para tornar suas estimativas mais robustas.

¹³ Abreviação do termo em inglês, *Stochastic Frontier*.

¹⁴ *Free Disposal Hull*.

2.1.1. DEA e FDH

A grande vantagem dos métodos não paramétricos é que, por dispensarem o conhecimento *a priori* da função que relaciona insumos e produtos e, portanto, não exigirem o ajuste de parâmetros, são mais simples e flexíveis do que os métodos paramétricos de mensuração da eficiência.

Farrel (1957) introduziu o método da fronteira convexa¹⁵ não-paramétrica na análise de eficiência¹⁶. Mas sua aplicação prática só foi disseminada a partir do trabalho de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), que o utilizaram juntamente com técnicas de programação linear para desenvolver o método de análise envoltória de dados, denominado DEA¹⁷. O FDH, por sua vez, abandonando a restrição de convexidade, foi desenvolvido por Deprins, Simar e Tulkens (1984).

A fronteira convexa é formada pelas unidades de decisão – DMUs¹⁸ – mais eficientes, isto é, com maiores razões produto/insumo¹⁹, e envolve os dados de tal forma que as demais DMUs ficam aquém dela. A medida de eficiência relativa de uma dada DMU é então obtida a partir da distância radial entre essa DMU e sua projeção na fronteira²⁰. Geralmente, essa projeção não representa uma DMU real, mas sim uma DMU virtual que corresponde à combinação linear convexa de DMUs que fazem parte da fronteira.

¹⁵ Farrel (1957) define a fronteira como *convex hull*, que pode ser traduzido como “camada convexa”.

¹⁶ Conforme destacado em Proite e Sousa (2004), “A teoria econômica da análise de eficiência é baseada no trabalho de Koopmans (1951) e Debreu (1951), sobre análise da produtividade. O trabalho de Farrel (1957) foi o primeiro trabalho empírico onde o problema da mensuração da eficiência para um conjunto de unidades produtivas foi analisado.”

¹⁷ O método da fronteira convexa era apropriado para lidar com múltiplos insumos e um único produto, ou múltiplos produtos e um único insumo. Somente com o advento do DEA é que o conceito de fronteira convexa pôde ser aplicado de maneira prática a situações mais complicadas envolvendo múltiplos insumos e múltiplos produtos.

¹⁸ Abreviação do termo em inglês, *Decision Making Units*.

¹⁹ Para análises produto-orientadas. No caso de análises insumo-orientadas, as observações mais eficientes são aquelas com as menores razões insumo/produto.

²⁰ A distância radial torna a eficiência uma medida relativa, isto é, independente de unidades de medida.

O conceito de fronteira convexa é a base do DEA. Entretanto, ao invés de analisar separadamente cada uma das razões produto/insumo de cada uma das DMUs da amostra, o DEA define a eficiência de uma dada DMU como a razão entre a combinação linear de todos os seus produtos e a combinação linear todos os seus insumos e, para cada DMU, busca um conjunto de coeficientes de intensidade não-negativos que maximizem a referida razão, sujeito à restrição de que nenhuma outra DMU, quando defrontada com os mesmos coeficientes, tenha uma razão superior a unidade.

Suponha que existam K DMUs. Para cada uma delas a tecnologia transforma insumos não negativos $x^k = (x_{k1}, \dots, x_{kN}) \in \mathfrak{R}_+^N$ em produtos não negativos $y^k = (y_{k1}, \dots, y_{kM}) \in \mathfrak{R}_+^M$. Assume-se que a tecnologia, representada pelo conjunto de possibilidades de produção $T = \{(x, y): x \text{ pode produzir } y\}$, composto por todos os vetores insumo-produto factíveis, satisfaz as hipóteses de convexidade e de livre disponibilidade (*free disposability*). A eficiência técnica da k -ésima DMU é então definida pelo DEA como a solução para o seguinte problema de programação linear:

$$\max_{u,v} h_k \equiv \frac{\sum_{m=1}^M u_m y_{km}}{\sum_{n=1}^N v_n x_{kn}}$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{m=1}^M u_m y_{jm}}{\sum_{n=1}^N v_n x_{jn}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, k, \dots, K$$

$$u_m \geq 0 \quad m = 1, \dots, M$$

$$v_n \geq 0 \quad n = 1, \dots, N$$

No entanto, há infinitas soluções para o referido problema²¹. Para contornar essa multiplicidade de soluções pode-se impor a seguinte restrição adicional:

$$\sum_{m=1}^M u_m y_{km} = 1$$

E, assim, o DEA assume a formulação **produto-orientada**²²:

$$\max_{u,v} h_k \equiv \frac{1}{\sum_{n=1}^N v_n x_{kn}}$$

Sujeito a:

$$\sum_{m=1}^M u_m y_{km} = 1$$

$$\sum_{m=1}^M u_m y_{jm} - \sum_{n=1}^N v_n x_{jn} \leq 0 \quad j = 1, \dots, k, \dots, K$$

$$u_m \geq 0 \quad m = 1, \dots, M$$

$$v_n \geq 0 \quad n = 1, \dots, N$$

Como todo o problema típico de programação linear, o problema acima pode ser expresso de forma equivalente pela sua formulação *dual*, mais fácil de ser resolvida numericamente²³:

$$w_k = \max_{w,\lambda} (w)$$

²¹ Seja um dado vetor (u, v) uma solução do problema. Qualquer vetor $\rho(u, v)$, onde ρ é uma constante qualquer, também será uma solução do problema.

²² A formulação insumo-orientada seria obtida com a imposição da seguinte restrição:

$$\sum_{n=1}^N v_n x_{kn} = 1$$

²³ Pode ser resolvido pelo método Simplex. Vide Press, Teukolsky, Vettering e Flannery (1992).

Sujeito a:

$$\begin{aligned}
 wy_{km} &\leq \sum_{j=1}^K \lambda_j y_{jm} & m = 1, \dots, M \\
 x_{kn} &\geq \sum_{j=1}^K \lambda_j x_{jn} & n = 1, \dots, N \\
 w, \lambda_j &\geq 0 & j = 1, \dots, k, \dots, K
 \end{aligned}$$

A formulação *dual* deixa mais clara a orientação a produtos do problema, uma vez que explicita que são os M produtos utilizados pela k -ésima DMU os alvos do escalonamento imposto pelo fator w . De fato, o fator de escala w_k , maior ou igual a 1, é o valor pelo qual o vetor $y^k = (y_{k1}, \dots, y_{kM}) \in \mathfrak{R}_+^M$ deveria ser multiplicado para que, mantido constante o vetor $x^k = (x_{k1}, \dots, x_{kN}) \in \mathfrak{R}_+^N$, o processo de produção empreendido pela k -ésima DMU se tornasse relativamente eficiente, isto é, atingisse fronteira de produção. Assim, a eficiência da k -ésima DMU é definida como o índice $\theta_k = 1/w_k$ ²⁴.

Como a única restrição sobre os coeficientes de intensidade λ_j é que sejam não-negativos, essa versão da metodologia DEA, denominada **DEA-CRS**²⁵, implica que a tecnologia também satisfaz a hipótese de retornos constantes de escala. Ou seja, assume implicitamente que as atividades de uma dada DMU podem ser aumentadas infinitamente ou reduzidas a zero²⁶.

Banker, Charnes e Cooper (1984) estenderam a metodologia para casos em que as DMUs empreendem suas atividades fora da escola ótima de operação, isto é,

²⁴ No caso da formulação orientada a insumos, o fator θ_k seria obtido diretamente e corresponderia ao valor, menor ou igual a 1, que deveria multiplicar o vetor de insumos, mantendo o vetor de produtos constante, para que a k -ésima DMU se tornasse eficiente.

²⁵ Abreviação da expressão em inglês, *Data Envelopment Alaysis with Constant Returns of Scale*.

²⁶ Essa suposição implícita é a responsável pela igualdade dos índices de eficiência das formulações orientadas a insumos e a produtos calculados pelo DEA-CRS.

para contemplar a hipótese de tecnologias com retornos variáveis de escala. Essa extensão, denominada **DEA-VRS**²⁷, impõe ao problema original a seguinte restrição adicional:

$$\sum_{j=1}^K \lambda_j = 1$$

Conforme salientado em Sousa e Stosic (2005), essa restrição implica que as atividades não podem ser radialmente expandidas ilimitadamente, nem contraídas até a origem. Logo, existem retornos crescentes para baixos níveis de produção e retornos decrescentes para níveis maiores.

Pode-se ainda impor à tecnologia a hipótese mais fraca de retornos não-crescentes de escala [Färe, Grosskopf e Lovell (1985, 1994)], bastando, para isso, adicionar a restrição abaixo:

$$\sum_{j=1}^K \lambda_j \leq 1$$

Nessa variante, chamada **DEA-NRS**²⁸, as diferentes atividades podem ser reduzidas até zero, mas não podem ser expandidas *ad infinitum*.

Apesar de representarem uma alternativa às abordagens paramétricas, as técnicas que utilizam o método DEA dependem de hipóteses bastante restritivas sobre a estrutura do conjunto de possibilidades de produção. Hipóteses mais fracas foram propostas por Deprins, Simar e Tulkens (1984). Seus autores postulam que a fronteira do conjunto de possibilidades de produção é simplesmente a fronteira da “camada” de livre descarte do conjunto de observações. A hipótese forte do livre descarte de insumos e produtos é mantida

²⁷ Abreviação da expressão em inglês, *Data Envelopment Alaysis with Variable Returns of Scale*.

²⁸ Abreviação da expressão em inglês, *Data Envelopment Alaysis with Nonincreasing Returns of Scale*.

assim como os retornos variáveis de escala, mas não há necessidade de assumir convexidade.

Nesse método, denominado FDH, a fronteira é obtida pela comparação entre insumos e produtos e, daí, pelo estabelecimento de pontos dominantes. Consistente com retornos variáveis de escala, a soma dos elementos do vetor de intensidade é restrita a unidade. Ademais, impõe-se uma restrição de integralidade das variáveis de intensidade que implica que combinações lineares de diferentes observações são excluídas e que a convexidade não é mais imposta à tecnologia. Em termos das técnicas DEA isso requer adicionar ao programa a seguinte restrição:

$$\sum_{j=1}^K \lambda_j = 1 \quad \lambda_j \in \{0,1\} \quad j = 1, \dots, K; \quad k = 1, \dots, K$$

O problema do FDH é que, quando há pouca comparabilidade entre os dados, essa metodologia tende, por definição, a rotular um grande número de observações como eficientes, resultando em um limitado poder discriminatório²⁹.

2.1.2. *Leverage e o Método Jackstrap*

Devido à sensibilidade das medidas de eficiência derivadas da aplicação do método DEA à presença de *outliers* e de erros nos dados, alguns procedimentos adicionais são necessários para tornar as estimativas não-paramétricas mais robustas.

²⁹ De acordo com Sousa e Stosic (2005), apesar dos estimadores DEA e FDH serem descritos como determinísticos, trabalhos recentes estabeleceram suas propriedades estatísticas (Kneip et al., 1998; Park et al., 2000; Simar e Wilson, 2000), tornando possível a inferência pela utilização de resultados assintóticos ou por meio de técnicas de Bootstrapp. Simar e Wilson (2000) apresentam uma pesquisa a este respeito e um exame acurado das propriedades estatísticas de estimadores não paramétricos em um contexto multivariado.

Para lidar com grandes bases de dados, Sousa e Stocic (2005) propuseram uma nova abordagem computacionalmente intensiva, denominada *Jackstrap*, que implementa uma combinação de técnicas de reamostragem por *Bootstrap* e *Jackknife* com o objetivo de detectar *outliers*.

O método baseia-se no cálculo, para cada DMU, do efeito produzido nos índices de eficiência de todas as outras DMU, quando a DMU observada é retirada do conjunto de dados. Uma vez detectadas as observações influentes (*outliers* e erros de medida), essa informação pode ser utilizada para removê-las automaticamente do conjunto de dados ou para realizar uma verificação individualizada dessas DMU, antes de finalmente julgar se elas devem ser de fato descartadas.

Desse ponto em diante o termo *leverage* será utilizado para indicar a medida da influência da remoção de uma DMU sobre os índices de eficiência das demais DMU. Espera-se que os *outliers* e as DMU com erros nos dados apresentem um *leverage* (influência) maior do que a média global.

A maneira mais direta de definir o *leverage* de cada DMU é implementar a técnica de reamostragem *Jackknife* da seguinte forma. Primeiro se aplica o DEA para cada uma das DMU usando o conjunto de dados original e obtendo o conjunto de ineficiências $\{\theta_k \mid k = 1, \dots, K\}$. Em seguida, remove-se sucessivamente cada DMU, uma por uma, recalcula-se o conjunto de ineficiências $\{\theta_{kj}^* \mid k = 1, \dots, K; k \neq j\}$, onde o índice $j = 1, \dots, K$ representa a DMU removida. Logo, o *leverage* da j -ésima DMU pode ser definido como o desvio padrão:

$$l_j = \sqrt{\frac{\sum_{k=1, k \neq j}^K (\theta_{kj}^* - \theta_k)^2}{K-1}}$$

Assim, após a remoção de uma dada DMU, os desvios dos índices de eficiência de todas as outras DMU em relação aos valores obtidos antes da remoção são utilizados para quantificar seu *leverage*. Esse valor é limitado entre 0 (se a remoção da DMU observada não afetar o índice de eficiência de nenhuma outra DMU) e 1 (o caso extremo em que a remoção da DMU observada faz com que os índices de eficiência das outras DMU se modifiquem de zero para unidade).

Essa abordagem é altamente intensiva computacionalmente, o que pode torná-la impraticável em grandes bancos de dados com os recursos computacionais atualmente disponíveis. Por isso, aplica-se um procedimento estocástico mais eficiente, que combina reamostragem *Bootstrap* com o esquema *Jackknife* acima exposto.

Primeiramente, seleciona-se aleatoriamente, um subconjunto de L DMU, denominadas bolhas, que comportam entre 10% e 20% de K , e implementa-se o procedimento *Jackknife* gerando um subconjunto de *leverages* \tilde{l}_j , onde j assume L diferentes valores contidos no conjunto $\{1, \dots, K\}$. O passo seguinte consiste em repetir esse procedimento B vezes, acumulando valores de *leverages* calculados com base nas bolhas para todas as DMU selecionadas aleatoriamente (para B suficientemente grande, cada DMU deveria ser selecionada $n_j \approx BL/K$ vezes). Então, calcula-se o *leverage* médio para cada DMU:

$$\tilde{l}_j = \frac{\sum_{b=1}^{n_j} \tilde{l}_{jb}}{n_j}$$

Finalmente, calcula-se o *leverage* global:

$$\tilde{l} = \frac{\sum_{j=1}^K \tilde{l}_j}{K}$$

O próximo passo é utilizar os *leverages* para detectar potenciais *outliers* e/ou erros de medida. Mais precisamente, depois de ordenar as DMU de acordo com seus *leverages* de tal forma que $\tilde{l}_i \geq \tilde{l}_j$ para $i < j$, deve-se estabelecer um valor de corte \tilde{l}_0 como indicativo de potenciais *outliers* e/ou erros de medida.

2.2. Análise de Regressão

Uma vez obtidas as estimativas robustas dos índices de eficiência dos municípios, a análise passa a concentrar-se na tentativa de explicar esses resultados. Para tanto, são formuladas equações de regressão lineares onde a variável dependente é o logaritmo do índice de eficiência obtido por meio da aplicação dos métodos não-paramétricos acima descritos.

A idéia básica é identificar variáveis que sejam estatisticamente significantes para a explicação da medida de eficiência obtida utilizando-se a estimação por meio do método de Mínimos Quadrados Ordinários – MQO e, visando aprofundar a análise, recorrendo-se à utilização de regressão quantílica³⁰.

Enquanto a regressão clássica por MQO permite estimar funções de médias condicionais, a regressão quantílica configura-se como um método capaz de estimar modelos para funções de quantis condicionais, como por exemplo, a mediana.

Na prática, estima-se o τ -ésimo quantil de eficiência condicionado a diferentes variáveis explicativas, assumindo que esse quantil pode ser expresso como uma previsão linear baseada nessas variáveis condicionais³¹.

³⁰ A referência básica é Koenker e Bassett (1978).

³¹ Dizemos que um município está no τ -ésimo quantil de eficiência quando seu índice é maior do que os índices de uma proporção τ de municípios da amostra e menor do que uma proporção $(1-\tau)$. O município mediano, por exemplo, é mais eficiente que metade da amostra e menos eficiente do que a outra metade.

Dessa forma, pode-se investigar os impactos das variáveis explicativas ao longo de diferentes quantis da distribuição de índices de eficiência. De fato, tendo em vista a heterogeneidade dos municípios brasileiros e a esperada dispersão dos índices de eficiência estimados, a utilização do modelo de regressão quantílica parece ser bastante apropriada.

2.2.1. Regressão Quantílica

Formalmente, dada a função de distribuição dos índices de eficiência θ , $F(\theta) = P(\theta \leq \theta_k)$, o τ -ésimo quantil de θ , onde $0 < \tau < 1$, é definido como $F^{-1}(\tau) = \inf\{\theta_k : F(\theta_k) \geq \tau\}$. A mediana é então denotada por $F^{-1}(1/2)$, por exemplo³².

Conforme expresso em Koenker e Hallock (2001), uma característica conveniente dos quantis é que, assim como a média amostral³³, eles podem ser definidos mediante um problema de otimização.

A mediana da amostra, especificamente, pode ser definida como a solução do problema de minimização da soma do valor absoluto dos resíduos³⁴, já que a simetria da função de valor absoluto implica que a minimização necessariamente iguala o número de resíduos positivos e negativos, assegurando que há o mesmo número de observações acima e abaixo do argumento mínimo.

³² Vide Koenker (2005)

³³ A média amostral pode ser definida como a solução do seguinte problema:

$$\text{Min}_{\mu \in R} \sum_k^K (\theta_k - \mu)^2$$

³⁴ Isto é:

$$\text{Min}_{\xi \in R} \sum_k^K |\theta_k - \xi|$$

Os demais quantis podem ser obtidos mediante uma pequena alteração do problema de minimização que resulta na mediana, substituindo a soma de resíduos com pesos iguais por uma soma ponderada, atribuindo pesos distintos a resíduos negativos e positivos:

$$\text{Min}_{\xi \in R} \sum_k^K \rho_\tau(\theta_k - \xi)$$

Onde ρ_τ é uma função perda tal que:

$$\rho_\tau(\theta_k - \xi) = (\theta_k - \xi)\tau, \text{ se } (\theta_k - \xi) > 0$$

$$\rho_\tau(\theta_k - \xi) = (\theta_k - \xi)(\tau - 1) \text{ se } (\theta_k - \xi) < 0$$

Resta agora definir os quantis condicionais também a partir de um problema de otimização. Para tanto, basta substituir o escalar ξ por uma função paramétrica $\xi(x, \beta)$ e resolver o seguinte problema³⁵:

$$\text{Min}_{\beta \in R^p} \sum_k^K \rho_\tau(\theta_k - \xi(x_k, \beta))$$

No presente estudo adotamos uma especificação linear para a função $\xi(x, \beta)$, de tal sorte que o problema de minimização acima pode ser resolvido de maneira eficiente por métodos de programação linear.

³⁵ Para obter a média amostral condicional, resolve-se o seguinte problema:

$$\text{Min}_{\beta \in R^p} \sum_k^K (\theta_k - \mu(x_k, \beta))^2$$

Já a mediana condicional é a solução para o problema a seguir:

$$\text{Min}_{\beta \in R^p} \sum_k^K |\theta_k - \xi(x_k, \beta)|$$

3. Amostra de dados para estimação da fronteira

Como um dos objetivos do presente estudo é estimar uma fronteira para a arrecadação tributária dos municípios brasileiros, a aplicação da metodologia DEA acima descrita requer informações sobre quantidades e custos dos insumos associados ao processo de recolhimento de tributos, sobre o número de contribuintes cadastrados e sobre os valores das principais receitas tributárias municipais. Ademais, com o intuito de explicar a eficiência estimada, algumas variáveis fiscais, demográficas, econômicas e políticas também serão utilizadas em análises de regressão.

A estimação da fronteira utiliza, originalmente, dados de 2004 de uma amostra de 3.438 municípios, o que representa aproximadamente 62% do universo dos municípios existentes naquele ano³⁶. Não compõem a amostra 1.939 municípios sem disponibilidade de dados referentes a algum insumo ou produto, dentre os quais 1.055 não possuíam informação sobre o número de prédios e territórios no cadastro de IPTU³⁷ e outros 686 não informaram seus dados contábeis (receitas tributárias ou despesas administrativas). Além destes, outros 182 municípios foram excluídos porque apresentavam valores nulos para algum insumo ou produto. Finalmente, o município de Brasília foi desconsiderado da amostra porque também comporta estruturas administrativas típicas de Estado e, por isso, tende a distorcer as análises.

A amostra original é então corrigida pela aplicação do método de detecção de *outliers*, o que significa a exclusão de 48 observações. A amostra passa a ser formada por 3.390 municípios e os índices de eficiência calculados a partir dela, agora mais robustos, são utilizados na análise de regressão.

³⁶ Segundo o IBGE, havia 5.560 municípios instalados no Brasil em 2004, inclusive Brasília/DF.

³⁷ Esses municípios possuem cadastro de IPTU. Entretanto, o cadastro de unidades prediais é feito “**em conjunto**” com as territoriais, tornando impossível distinguir unidades prediais das territoriais. Nesses casos, de acordo com o questionário de coleta de dados do IBGE, a informação sobre o número de unidades cadastradas “**não é aplicável**”, o que significa que essa informação inexistente para esses municípios.

3.1. Produtos e insumos

Nesse estudo, um dos produtos é o valor da receita tributária arrecadada pelo município em 2004, isto é, aquela proveniente de impostos, taxas e contribuição de melhoria³⁸. Isso significa que são desconsideradas as demais receitas correntes e as receitas de capital obtidas naquele ano. Em particular, não contempla quaisquer receitas de transferências, sejam elas provenientes da União ou dos Estados, e de operações de crédito.

A receita tributária municipal é composta pelos ingressos do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU), do Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN), do Imposto de Renda Retido nas Fontes sobre o Rendimento do Trabalho (IRRF), do Imposto sobre Transmissão "Inter Vivos" de Bens Móveis e de Direitos Reais sobre Imóveis (ITBI), das Taxas pelo Poder de Polícia, das Taxas pela Prestação de Serviços e da Contribuição de Melhoria.

O IPTU e o ITBI são impostos de competência dos municípios que incidem sobre patrimônio. O primeiro incide sobre o valor de bem imóvel localizado na zona urbana do município. O segundo, sobre o valor venal dos bens ou direitos transmitidos ou cedidos.

³⁸ De acordo com a 3ª edição do Manual de Procedimentos das Receitas Públicas:

“O Código Tributário Nacional, no art. 3º, define tributo como ‘toda prestação pecuniária compulsória, em moeda ou cujo valor nela se possa exprimir, que não constitua sanção de ato ilícito, instituída em lei e cobrada mediante atividade administrativa plenamente vinculada’, e define suas espécies da seguinte forma:

Imposto – conforme art. 16, ‘imposto é o tributo cuja obrigação tem por fato gerador uma situação independente de qualquer atividade estatal específica, relativa ao contribuinte’;

Taxa – de acordo com o art. 77, ‘as taxas cobradas pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal ou pelos Municípios, no âmbito de suas respectivas atribuições, têm como fato gerador o exercício regular do poder de polícia, ou a utilização, efetiva ou potencial, de serviço público específico e divisível, prestado ao contribuinte ou posto à sua disposição’;

Contribuição de Melhoria – segundo art. 81, ‘a contribuição de melhoria cobrada pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal ou pelos Municípios, no âmbito de suas respectivas atribuições, é instituída para fazer face ao custo de obras públicas de que decorra valorização imobiliária, tendo como limite total a despesa realizada e como limite individual o acréscimo de valor que da obra resultar para cada imóvel beneficiado’.”

Por sua vez, o ISSQN é imposto sobre a atividade econômica e também é de competência municipal. Mais especificamente, incide sobre a prestação de serviços realizados por empresas ou profissionais autônomos.

O IRRF incide sobre as despesas com o pagamento de pessoal e, apesar de ser efetivamente arrecadado e aplicado pelo município, é um imposto de competência da União.

As taxas cobradas são de competência dos municípios e têm como fato gerador o exercício regular do poder de polícia, ou a utilização de serviço público específico e divisível, prestado ao contribuinte ou posto à sua disposição.

Já a cobrança da contribuição de melhoria, também de competência municipal, é instituída para fazer face ao custo de obras públicas de que decorra valorização imobiliária.

Percebe-se, portanto, que a receita tributária é a categoria de receita sobre a qual o município possui maior controle: tem elevado grau de correlação com a base econômica local (nível de atividade, renda e riqueza) e é resultante da arrecadação de tributos que, em sua maioria, são de competência do município³⁹. Por isso, do ponto de vista da análise da eficiência, é adequado considerar a receita tributária como produto do esforço municipal.

Para fins de análise, a receita tributária arrecadada em 2004⁴⁰ é aqui desdobrada em dois produtos distintos:

³⁹ No caso do Imposto de Renda Retido na Fonte sobre os Rendimentos do Trabalho (IRRF), o poder de tributar pertence à União, mas a arrecadação e a aplicação pertencem aos municípios. Nas demais receitas tributárias aqui analisadas, o poder de tributar, de arrecadar e de aplicar pertencem exclusivamente ao município.

⁴⁰ O valor das rubricas que compõem a receita tributária dos municípios foram obtidos no aplicativo “Finanças do Brasil (FINBRA) – Dados Contábeis dos Municípios - 2004”, desenvolvido pela Secretaria do Tesouro Nacional (STN) e disponível para *download* em sua página na Internet: www.stn.fazenda.gov.br.

P1) Receita de IPTU e de ISSQN: valor, em reais unitários correntes, da soma da arrecadação do IPTU e do ISSQN no ano de 2004;

P2) Demais receitas tributárias: valor, em reais unitários correntes, da soma da arrecadação do IRRF, do ITBI, das Taxas pelo Poder de Polícia, das Taxas pela Prestação de Serviços e da Contribuição de Melhoria no ano de 2004.

Essa separação da receita tributária em duas componentes é útil na medida em que acrescenta uma dimensão relevante de análise. As receitas de IPTU e de ISSQN respondem por 48%, em média, da receita tributária dos municípios da amostra. Entretanto, para 1.896 municípios (56% da amostra) as demais receitas tributárias são relativamente mais representativas do que o IPTU e o ISSQN. Assim, considerar a totalidade das receitas tributárias como um único produto tende a subestimar a eficiência dos municípios (a maioria) que não têm no IPTU e no ISSQN suas principais fontes de receita tributária.

Por outro lado, pode-se argumentar que o ideal seria considerar cada um dos tributos como um produto isolado, de maneira que a arrecadação de cada um deles fosse contemplada separadamente no cálculo dos índices de eficiência. Entretanto, conforme já salientado, as receitas tributárias municipais estão bastante concentradas no IPTU e no ISSQN, de maneira que a inclusão de mais produtos serviria apenas para gerar problemas de dimensionalidade⁴¹, sem contribuir significativamente para distinção dos diversos graus de eficiência dos municípios na arrecadação desses tributos.

O terceiro produto considerado na estimação dos índices de eficiência da arrecadação tributária municipal é o número de cadastros tributários que o município dispunha em 2004.

⁴¹ A inclusão de muitos produtos e/ou insumos acaba reduzindo o poder discriminatório do DEA. No limite, a inclusão de infinitos produtos e insumos, aumentando as dimensões da fronteira de produção, tende a gerar índices idênticos de eficiência relativa.

Assim como arrecadar tributos, ter terrenos, prédios e empresas cadastradas depende fundamentalmente de recursos e do esforço da administração municipal. E mais: identificar o contribuinte também faz parte do processo de arrecadar tributos. A idéia é, portanto, verificar se o município é eficiente na identificação de sua base tributária.

Mais especificamente, o terceiro produto é definido como:

P3) Número de cadastros do IPTU e do ISSQN: total de unidades prediais e territoriais constantes no cadastro de IPTU somada ao número total de empresas e outros contribuintes no cadastro do ISSQN no ano de 2004⁴².

Aqui as duas categorias de cadastros não foram separadas porque o interesse reside tão somente em verificar a eficiência de cada município na “prospecção” de sua base tributária, não importando se esta se concentra no patrimônio urbano de seus residentes ou no dinamismo do setor terciário da economia municipal.

Nesse estudo entende-se que a inclusão dos cadastros como um dos produtos é o reconhecimento de que o esforço em gerar informações sobre o quê e quem está se tributando também é aspecto fundamental de uma arrecadação tributária dita eficiente.

Em realidade, os cadastros também podem ser entendidos como insumos da arrecadação tributária: espera-se que, quanto maior o número de unidades prediais, territoriais, e de empresas e outros contribuintes cadastrados, maior será a arrecadação do IPTU e do ISSQN⁴³.

⁴² A informação sobre cadastros foi obtida no banco de dados associado à publicação do IBGE “Perfil dos Municípios Brasileiros – Gestão Pública 2004”, disponível para *download* em sua página na Internet: www.ibge.gov.br.

⁴³ O cadastro do IPTU também pode ter um impacto positivo sobre a arrecadação de Taxas pela Prestação de Serviços, uma vez que sua rubrica mais representativa, a Taxa de Limpeza Pública, costuma ser cobrada nos mesmos carnês de pagamento do IPTU. Além disso, o cadastro do ISSQN tende a favorecer a arrecadação das Taxas pelo Exercício de Poder de Polícia porque essas taxas costumam estar relacionadas à fiscalização de prestação de serviços. Esse é o caso da Taxa de Licença para Funcionamento de Estabelecimentos

Entretanto, o método DEA, ainda que implicitamente, busca minimizar os insumos utilizados na geração de produtos na determinação das observações de fronteira. Isso significa que uma vez tomados como insumos, quanto maior o número de entes cadastrados por um município, maior será sua distância da fronteira e, portanto, menor será sua eficiência relativa. Dito de outra forma, considerar o número total de cadastros como insumo penaliza do ponto de vista da eficiência relativa aqueles municípios que se esforçaram para cadastrar o maior número possível de prédios, terrenos, empresas e outros contribuintes.

No que se refere a insumos, o que se percebe é que não existem informações suficientes que permitam precisar e quantificar os recursos exclusivamente utilizados para gerar cadastros e arrecadar tributos. Por isso o estudo recorre a alguns indicadores de insumos que, apesar de não serem recursos utilizados ou gastos incorridos somente na identificação do contribuinte, na cobrança e no recolhimento de tributos, são relevantes para essas atividades:

I1) Número de funcionários ativos: total de funcionários ativos da administração direta somado ao total de funcionários ativos da administração indireta do município no ano de 2004⁴⁴;

I2) Despesas administrativas: valor, em reais unitários correntes, da despesa empenhada na função Administração no ano de 2004⁴⁵.

A despesa com Administração faz parte da classificação funcional das despesas públicas. Isso quer dizer que são despesas que podem englobar todas categorias

Comerciais, Indústrias e Prestadoras de Serviços, da Taxa de Publicidade Comercial e da Taxa de Fiscalização de Vigilância Sanitária.

⁴⁴ A informação sobre funcionários foi obtida no banco de dados associado à publicação do IBGE “Perfil dos Municípios Brasileiros – Gestão Pública 2004”, disponível para *download* em sua página na Internet: www.ibge.gov.br.

⁴⁵ O valor da despesa empenhada pelos municípios na função Administração foram obtidos no aplicativo “Finanças do Brasil (FINBRA) – Dados Contábeis dos Municípios - 2004”, desenvolvido pela Secretaria do Tesouro Nacional (STN) e disponível para *download* em sua página na Internet: www.stn.fazenda.gov.br.

econômicas de gasto (despesas correntes e de capital), desde que relacionadas ao exercício das funções administrativas do município. Entre as subfunções que a compõem destacam-se as despesas com Planejamento e Orçamento, com Administração Geral, com Controle Interno, com Administração Financeira e de Receitas.

Infelizmente, a despesa com Administração é apenas uma *proxy* de insumo da arrecadação tributária porque, em realidade, ela representa o dispêndio financeiro necessário à obtenção de outras categorias de receitas e, também, à realização de outros gastos. Ou seja, apenas parcela do valor registrado nessa função destina-se efetivamente à consecução da arrecadação tributária.

Trata-se, porém, da melhor *proxy* de custo disponível. Se por um lado a grande maioria dos municípios informa apenas os valores das funções, de maneira que são poucos os dados disponíveis sobre os gastos com a subfunção Administração Financeira e de Receitas, por outro, a Despesa Orçamentária ou a Corrente, disponíveis para praticamente todos os municípios, são classes muito gerais de dispêndio.

Poderia-se utilizar o total das despesas com Pessoal mas, nesse caso, estaríamos contemplando o pagamento de todos os funcionários dedicados a atividades em nada relacionadas à arrecadação tributária (como médicos e professores) e ignorando outros tipos de gastos relevantes a essa atividade (como material de consumo).

Apesar de não excluir todos os gastos não relacionados à arrecadação tributária, a despesa com Administração tende a concentrar uma parcela inferior dos gastos não produtivos⁴⁶ ao mesmo tempo em que apura gastos tipicamente relacionados à burocracia tributária: contempla gastos com manutenção de sistemas de informática, com páginas eletrônicas, com papel, impressão de carnês, postagem,

⁴⁶ Em termos de arrecadação tributária.

material de escritório, salários dos fiscais e dos funcionários da administração financeira e etc.; ao passo que gastos com educação, saúde, saneamento, previdência, entre outros, estão registrados em funções específicas.

O número de funcionários ativos também é uma *proxy* de insumo com limitações semelhantes à despesa com Administração, uma vez que inclui funcionários que trabalham em atividades que geram apenas gastos ou relacionadas a receitas não tributárias. Em todo caso, entende-se que são necessários recursos humanos para colher e processar informações sobre os contribuintes, para cobrar e recolher os tributos, fiscalizar o pagamento e para administrar financeiramente as receitas arrecadadas.

A lista completa de insumos e produtos, juntamente com suas respectivas fontes, é apresentada na Tabela 1 abaixo⁴⁷.

Tabela 1. Insumos e produtos dos municípios - 2004

Insumos e produtos	Fonte
<i>Insumos</i>	
I1. Número de funcionários ativos	IBGE ^a
I2. Despesas administrativas	STN ^b
<i>Produtos</i>	
P1. Receita de IPTU ^c e ISSQN ^d	STN
P2. Demais receitas tributárias ^e	STN
P3. Número de cadastros do IPTU e do ISSQN ^f	IBGE

^a Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; ^b Secretaria do Tesouro Nacional; ^c Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana; ^d Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza; ^e Imposto de Renda Retido nas Fontes sobre o Rendimento do Trabalho (IRRF), Imposto sobre Transmissão "Inter Vivos" de Bens Imóveis e de Direitos Reais sobre Imóveis (ITBI), Taxas e Contribuição de Melhoria; ^f Unidades prediais e territoriais no cadastro do IPTU, empresas e outros contribuintes no cadastro do ISSQN.

⁴⁷ A Tabela A1, em anexo, fornece mais detalhes das variáveis tomadas como insumos e produtos.

4. Resultados

4.1. Cálculo dos *leverages*

O método DEA estima uma fronteira de eficiência que necessariamente engloba todas as observações. Municípios com razões produto/insumo muito superiores à média da amostra deslocam a fronteira em seu sentido, afastando-a dos demais municípios. Assim, a presença de municípios muito eficientes torna os demais municípios relativamente ineficientes. Além disso, quanto maior a eficiência dessas observações discrepantes, maior o impacto negativo sobre os índices de eficiência dos demais municípios. Isso significa que quanto maiores as razões produto/insumo de um município em relação à média da amostra, maior tende a ser o seu *leverage*.

Os *leverages* foram calculados para os 3.438 municípios da amostra original usando o método *Jackstrap* proposto por Stojic e Sampaio de Sousa (2005), com um modelo **DEA-CRS produto-orientado**, bolhas compostas por $L=300$ DMUs e implementando $B=1000$ passos de *Bootstrap*, de forma que cada DMU foi escolhida 87,26 vezes ($BL/K=87,26$), em média, para o cálculo dos *leverages*. Para 2.883 municípios, aproximadamente 84% da amostra, o *leverage* calculado é igual a zero. Os demais 555 municípios possuem *leverages* que variam de 0,000001 a 0,154160. O *leverage* médio de toda a amostra é 0,001754 e, se considerarmos apenas os valores não nulos, essa média eleva-se para 0,010864.

Devido ao tamanho da amostra e à constatação de que a grande maioria dos municípios apresenta *leverage* nulo ou muito pequeno, apenas os resultados dos 30 municípios de maior *leverage* são apresentados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Análise das observações mais influentes: Razões entre produtos e insumos

Município - UF	Colocação ^a	Leverage ^b	P1/I1	P1/I2	P2/I1	P2/I2	P3/I1	P3/I2
		Média geral ^c	1.206	0,27	792	0,20	11,13	0,007
		Média não-nula ^d	3.530	0,69	1.771	0,40	22,24	0,029
São Paulo - SP	1	0,154160	30.128	13,30	7.301	3,22	27,07	0,012
Caldas Novas - GO	2	0,139585	2.694	1,15	6.337	2,71	77,41	0,033
Balneário Gaivota - SC	3	0,116170	1.673	0,43	1.074	0,28	271,67	0,070
Nova Friburgo - RJ	4	0,104816	3.326	0,50	4.320	0,65	24,00	0,004
Ubatuba - SP	5	0,103577	13.981	2,84	7.645	1,55	34,13	0,007
Curitiba - PR	6	0,100088	17.954	3,10	4.640	0,80	33,50	0,006
Foz do Iguaçu - PR	7	0,097847	3.921	0,30	4.383	0,33	22,82	0,002
Belo Horizonte - MG	8	0,097403	16.627	2,76	7.184	1,19	24,67	0,004
Iguaçu - SP	9	0,095277	2.292	0,49	1.423	0,31	179,25	0,039
Praia Grande - SP	10	0,094267	10.928	2,81	9.093	2,34	24,60	0,006
Criciúma - SC	11	0,092754	2.711	0,36	5.941	0,78	32,15	0,004
Bagé - RS	12	0,089957	2.608	0,29	3.857	0,42	21,16	0,002
Belém - PA	13	0,089403	49.846	2,09	16.002	0,67	223,78	0,009
São Caetano do Sul - SP	14	0,084924	16.051	2,20	9.454	1,30	14,68	0,002
Marília - SP	15	0,080821	3.294	0,63	3.996	0,76	14,56	0,003
Santa Luzia - MG	16	0,080586	1.936	0,28	3.669	0,53	24,38	0,004
Itapema - SC	17	0,078769	14.789	1,29	8.653	0,76	61,49	0,005
Macaé - RJ	18	0,077292	10.021	0,35	2.136	0,07	7,26	0,000
Balneário Arroio do Silva - SC	19	0,077192	4.003	0,85	1.719	0,37	183,17	0,039
Armação dos Búzios - RJ	20	0,073614	5.483	0,24	3.895	0,17	18,41	0,001
Balneário Pinhal - RS	21	0,072949	4.484	1,73	1.736	0,67	81,62	0,031
Vinhedo - SP	22	0,072948	15.708	3,22	4.310	0,88	28,83	0,006
Niterói - RJ	23	0,071734	13.204	2,68	4.888	0,99	18,72	0,004
São Vicente - SP	24	0,068467	11.352	2,54	5.612	1,26	19,45	0,004
Itanhaém - SP	25	0,067896	11.860	1,43	5.397	0,65	72,28	0,009
Mongaguá - SP	26	0,067634	15.162	2,69	3.722	0,66	58,81	0,010
Planaltina - GO	27	0,066462	534	0,24	1.162	0,53	63,15	0,029
Salvador - BA	28	0,065198	19.579	1,88	6.790	0,65	38,39	0,004
Caraguatatuba - SP	29	0,064002	13.125	0,79	2.872	0,17	57,57	0,003
Itaboraí - RJ	30	0,062926	889	0,11	2.106	0,26	39,29	0,005

^a Ordenação decrescente dos *leverages* obtidos por meio do método *Jackstrap* aplicado ao DEA-CRS produto orientado; ^b Medida aproximada da influência de uma dada observação nos índices de eficiência das demais observações da amostra; ^c Média referente a todas as observações da amostra; ^d Média referente apenas às observações com *leverage* maior do que zero.

De maneira geral, pode-se identificar três grupos distintos nesse conjunto de 30 observações mais influentes. O primeiro grupo é composto por 9 municípios que utilizam ambos insumos de maneira relativamente eficiente na produção dos três produtos. Ou seja, possuem todas as relações produto/insumo (P1/I1, P1/I2, P2/I1, P2/I2, P3/I1 e P3/I2) superiores à média da amostra, como os municípios de São Paulo, Caldas Novas e Belém.

O segundo grupo é formado por 16 municípios em que apenas as despesas administrativas são utilizadas de maneira relativamente ineficiente na produção de cadastros. É o caso de Curitiba e de Belo Horizonte, cujas razões P3/I2, iguais a 0,006 e a 0,004, respectivamente, são inferiores à média da amostra de 0,007.

O terceiro grupo compõe-se de 5 municípios que apresentam outras fontes de ineficiência relativa. Fazem parte desse grupo os municípios de Armação de Búzios, que não emprega as despesas de maneira relativamente em nenhum produto, e de Planaltina, que é relativamente ineficiente na arrecadação de IPTU e ISSQN.

Conforme exposto acima, municípios com muitas razões produto/insumo acima da média tendem a possuir elevados *leverages*. Espera-se, portanto, que os *leverages* calculados a partir do método *Jackstrap* para os municípios que pertencem ao primeiro grupo sejam maiores que os do segundo e, estes, por sua vez, sejam maiores que os *leverages* do terceiro grupo. De fato, o *leverage* médio é de 0,097807 no primeiro, de 0,086510 no segundo e 0,068859 no terceiro grupo.

Entretanto, os *leverages* são tão maiores quanto maior é o desvio das razões produto/insumo em relação à média da amostra. Isso explica o fato de que alguns municípios do segundo e do terceiro grupo possuem maiores *leverages* que alguns municípios do primeiro grupo. Esse é o caso de Curitiba, com um *leverage* igual a 0,100088, o 6º maior da amostra. Apesar de sua razão P3/I2 ser equivalente a apenas 0,8 vezes a razão média da amostra, sua razão P1/I1 corresponde a 14,9 vezes a média da amostra.

4.2. Detecção e exclusão dos *outliers*

De posse dos *leverages* calculados por meio do método *Jackstrap* aplicado ao **DEA-CRS produto orientado**, resta definir o valor de corte que servirá de parâmetro para determinar quais *DMUs* serão consideradas *outliers* e, portanto, excluídas da amostra original. No presente estudo, o valor de corte é dado pela função de distribuição de probabilidade *Heaviside*:

$$P(\tilde{l}_k) = 1 \quad \text{se} \quad \tilde{l}_k \leq \tilde{l} \log K$$

$$P(\tilde{l}_k) = 0 \quad \text{se} \quad \tilde{l}_k > \tilde{l} \log K$$

Onde $P(\tilde{l}_k)$ é a probabilidade de manter a k -ésima *DMU* na amostra original dado o valor de seu *leverage* \tilde{l}_k , K é o tamanho da amostra (3.438) e \tilde{l} é o valor médio dos *leverages* não-nulos (0,010864). A função *Heaviside* determina, então, que todas as *DMUs* com *leverages* superiores a 0,038419 sejam consideradas *outliers*. A Tabela 3 abaixo lista todas as 48 *DMUs* excluídas da amostra original⁴⁸.

⁴⁸ A Tabela A2 em anexo apresenta os *leverages* e a colocação das mesmas 48 *DMUs* quando os índices de eficiência são calculados com retornos não-crescentes (NRS), com retornos variáveis (VRS) e com o método da “camada” de livre descarte (FDH).

Tabela 3. Lista de outliers^a

Município - UF	Colocação	Leverage	Retiradas ^b	Retiradas influentes ^c
São Paulo - SP	1	0,154160	87	66
Caldas Novas - GO	2	0,139585	94	76
Balneário Gaivota - SC	3	0,116170	87	71
Nova Friburgo - RJ	4	0,104816	84	45
Ubatuba - SP	5	0,103577	89	63
Curitiba - PR	6	0,100088	102	71
Foz do Iguaçu - PR	7	0,097847	84	44
Belo Horizonte - MG	8	0,097403	93	71
Iguape - SP	9	0,095277	91	69
Praia Grande - SP	10	0,094267	95	76
Criciúma - SC	11	0,092754	84	59
Bagé - RS	12	0,089957	83	36
Belém - PA	13	0,089403	93	69
São Caetano do Sul - SP	14	0,084924	84	68
Marília - SP	15	0,080821	79	37
Santa Luzia - MG	16	0,080586	74	31
Itapema - SC	17	0,078769	84	64
Macaé - RJ	18	0,077292	94	38
Balneário Arroio do Silva - SC	19	0,077192	83	63
Armação dos Búzios - RJ	20	0,073614	60	21
Balneário Pinhal - RS	21	0,072949	74	65
Vinhedo - SP	22	0,072948	103	69
Niterói - RJ	23	0,071734	52	35
São Vicente - SP	24	0,068467	88	62
Itanhaém - SP	25	0,067896	94	68
Mongaguá - SP	26	0,067634	76	60
Planaltina - GO	27	0,066462	75	52
Salvador - BA	28	0,065198	83	60
Caraguatatuba - SP	29	0,064002	90	48
Itaboraí - RJ	30	0,062926	94	34
Bento Gonçalves - RS	31	0,062128	99	50
Santana do Livramento - RS	32	0,060596	74	57
Jundiá - SP	33	0,060437	93	51
Moji das Cruzes - SP	34	0,056230	86	54
Cubatão - SP	35	0,055748	91	31
Porto Alegre - RS	36	0,053764	90	63
Sorocaba - SP	37	0,053367	86	29
Bertioga - SP	38	0,050114	88	56
Itapoá - SC	39	0,049696	93	64
Passo Fundo - RS	40	0,048714	94	68
São José dos Pinhais - PR	41	0,048125	77	25
Palmares do Sul - RS	42	0,048101	93	56
Palhoça - SC	43	0,047082	84	50
Maricá - RJ	44	0,046595	84	27
Florianópolis - SC	45	0,045365	106	38
Caxias do Sul - RS	46	0,045169	85	36
Jaguaruna - SC	47	0,044767	114	73
Santana de Parnaíba - SP	48	0,043693	92	39

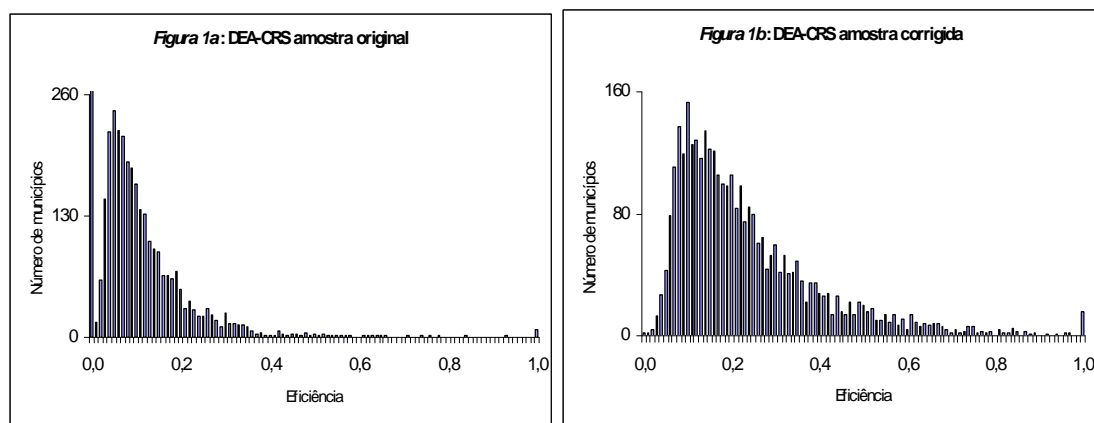
^a De acordo com a função de distribuição *Heaviside*, todas as 48 DMUs da amostra com *leverage* superior a 0,038419 são consideradas *outliers*; ^b Número de vezes em que, durante o procedimento *Jackstrap*, a DMU foi retirada de sua bolha para calcular as eficiências das demais DMUs de sua bolha e, portanto, seu próprio *leverage*; ^c Número de vezes em que, durante o procedimento *Jackstrap*, quando retirada de sua bolha, a DMU alterou as eficiências calculadas para as demais DMUs de sua bolha;

4.3. Índices de eficiência

O método **DEA-CRS produto orientado** foi utilizado para calcular os índices de eficiência da arrecadação tributária dos municípios de duas amostras distintas. A primeira delas, a amostra original, engloba todos os 3.438 municípios com dados de insumos e produtos disponíveis. A segunda, denominada de amostra corrigida, exclui os 48 municípios considerados *outliers*, possuindo 3.390 *DMUs*⁴⁹.

O cálculo dos índices de eficiência com base na amostra original é dito ingênuo porque os valores obtidos são muito influenciados pela presença de observações atípicas. Por seu turno, a ausência dos *outliers* assegura um cálculo mais robusto dos índices de eficiência no caso da amostra corrigida.

O impacto causado pela presença de *DMUs* com valores discrepantes pode ser visualizado na Figura 1 abaixo, que contrapõe os histogramas dos índices de eficiência obtidos na amostra original e na amostra corrigida⁵⁰.



⁴⁹ As Tabelas A3 e A4 em anexo apresentam as estatísticas descritivas dos insumos e produtos da amostra original e da corrigida, respectivamente.

⁵⁰ As Figuras A1, A2 e A3, em anexo, apresentam os histogramas dos índices de eficiência das amostras originais e corrigidas quando os índices são calculados com retornos não crescentes de escala (NRS), retornos variáveis (VRS) e pelo método de “camada” de livre descarte (FDH), respectivamente.

Percebe-se que a exclusão dos 48 municípios considerados *outliers*, que representam menos de 2% da amostra original, tornou a distribuição de frequência dos índices de eficiência tributária menos concentrada nos pequenos valores. Além disso, a distribuição dos índices da amostra corrigida é menos assimétrica e mais mesocúrtica do que na original. Algumas estatísticas descritivas das duas distribuições são apresentadas na Tabela 4 a seguir⁵¹.

Tabela 4. Estatísticas descritivas dos índices de eficiência DEA-CRS

Tipo de amostra	Número de				Desvio				Número de	
	<i>DMUs</i> ^a	Média	Mediana	Moda	Padrão	Assimetria	Curtose	Mínimo	Máximo	<i>DMUs</i> eficientes (%)
Original	3.438	0,105	0,079	0,000	0,107	2,990	16,148	0,000	1,000	8 (0,23%)
Corrigida ^d	3.390 ^c	0,237	0,191	1,000	0,167	1,655	3,336	0,000	1,000	16 (0,47%)

^a É o número de unidades de decisão (do inglês, *Decision-Making Unit*), isto é, o número total de observações, que, no caso, são municípios; ^d Amostra original exclusive os *outliers* detectados pela função *Heaviside*; ^c Foram excluídas da amostra original 48 observações consideradas *outliers* pelo valor de corte da função *Heaviside*.

Note-se que a exclusão dos municípios atípicos contrai fronteira, aumenta o número de *DMUs* eficientes e incrementa as medidas de tendência central da distribuição dos índices. A dispersão destes também aumenta devido à menor ocorrência de *DMUs* com índices de eficiência iguais a zero⁵².

4.4. Regressões

Nesta seção do estudo é estimada uma equação de regressão linear com o intuito de identificar variáveis capazes de explicar os índices de eficiência obtidos. A mesma equação é regredida à média pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO)⁵³ e para cinco quantis (inclusive a mediana) por meio de regressão quantílica. Assim, podemos verificar não apenas a influência média das

⁵¹ A Tabela A5 em anexo apresenta as estatísticas descritivas dos índices de eficiência das amostras originais e corrigidas quando os índices são calculados com retornos não crescentes de escala (NRS), retornos variáveis (VRS) e pelo método de “camada” de livre descarte (FDH).

⁵² De fato, para a amostra original foram calculados 507 municípios com índices de eficiência iguais a zero, o que equivale a aproximadamente 15% do total. Na amostra corrigida, apenas 1 apresentou índice nulo.

⁵³ Procedeu-se o teste White e a hipótese nula de homocedasticidade dos erros não foi rejeitada para um intervalo de 99% de confiança.

variáveis explicativas mas seus diferentes impactos ao longo de diferentes pontos da distribuição dos índices de eficiência.

A variável dependente é o logaritmo dos índices de eficiência obtido por meio da aplicação do método DEA-CRS produto orientado à amostra de 3.390 municípios, já corrigida pela exclusão dos *outliers*: **LEFIC**. Devido às restrições de disponibilidade de dados, a análise de regressão resumiu-se a 3.242 municípios para os quais foram utilizadas as seguintes variáveis independentes⁵⁴:

NO: Variável *dummy* que é igual a unidade se o município está na região Norte e zero caso contrário. A inclusão dessa variável, assim como as demais *dummies* regionais, é uma tentativa de verificar se há algum padrão regional de eficiência tributária. A variável *dummy* omitida, e que, portanto, serve de controle, é a que indica se o município está na região Sudeste. Logo, todos os coeficientes estimados para as *dummies* regionais devem ser interpretados como diferenciais em relação àqueles estimados para os municípios da região Sudeste;

NE: Variável *dummy* que é igual a unidade se o município está na região Nordeste e zero caso contrário;

CO: Variável *dummy* que é igual a unidade se o município está na região Centro-Oeste e zero caso contrário;

SUL: Variável *dummy* que é igual a unidade se o município está na região Sul e zero caso contrário;

POP: É a população total (urbana e rural) municipal estimada pelo IBGE para o ano de 2004. A população é aqui utilizada menos como uma medida de base tributária (capacidade de pagamento dos contribuintes) e mais como um indicativo

⁵⁴ A Tabela A6 em anexo apresenta a descrição detalhada das variáveis explicativas utilizadas para regressão os índices de eficiência, com as respectivas fontes dos dados. A Tabela A7 apresenta as estatísticas descritivas e a Tabela A8, apresenta a matriz de correlação das variáveis.

do tamanho do município. O objetivo é verificar se a eficiência tributária é de alguma maneira influenciada por fatores de escala⁵⁵;

RPC: É a renda *per capita* anual em 2000. Além de medida do nível de renda, serve aqui como medida do nível de riqueza da população e de atividade econômica do município. Isso porque se espera que quanto maior a renda *per capita* de um município, maior a quantidade e valorização dos imóveis e maior o dinamismo do setor de serviços. Trata-se, portanto, de uma *proxy* para a base tributária municipal⁵⁶;

POBRE: Parcela pobre da população em 2000, aqui entendida como a proporção da população total com renda domiciliar *per capita* mensal inferior a R\$ 75,50. Como efeito do nível de renda já está controlado, a variável POBRE acaba por refletir a desigualdade de renda no município. Mas também é uma medida de base tributária, uma vez que grau de pobreza pode se traduzir em isenções de tributos, domicílios em condição irregular e em informalidade no setor de serviços;

PIBIND: É o grau de industrialização do município, medido pela participação do PIB do setor industrial no PIB municipal total em 2003. O objetivo é verificar se, apesar de não tributarem diretamente o setor industrial, os municípios têm sua eficiência tributária afetada pelo maior desenvolvimento econômico proporcionado por esse tipo de atividade;

PIBSERV: É a participação do setor terciário na economia municipal, isto é, a razão entre o PIB do setor de serviços e o PIB total em 2003. Assim como no caso

⁵⁵ Outra possível medida de escala seria o número de domicílios. Entretanto, foi verificado que população e domicílios são altamente correlacionados. De fato, para a amostra aqui utilizada, o índice de correlação foi superior a 0,98. Ademais, foi observado que a variável população apresentava maior significância estatística do que domicílios e, portanto, agregava maior poder explicativo à regressão.

⁵⁶ O número de domicílios também poderia ser utilizado como *proxy* para a base tributária municipal, principalmente por que está diretamente relacionado à arrecadação de IPTU. Essa variável, porém, além de ser altamente correlacionada com a população, tem menor poder explicativo que a renda *per capita*. Muito provavelmente, essa menor significância estatística decorre do fato de o número de domicílios não captar o efeito do valor das residências e o número e valor os imóveis comerciais, que muitas vezes respondem pela maior parte da arrecadação de IPTU e que também são indicativos do nível de atividade do setor de serviços.

do PIBIND, a inclusão dessa variável se justifica pela necessidade de se investigar se a eficiência tributária é influenciada por composição setorial da economia municipal;

METRO: Variável *dummy* que é igual a unidade se o município pertence a uma região metropolitana e zero caso contrário. A idéia é verificar se a eficiência tributária dos municípios metropolitanos é estatisticamente distinta dos demais municípios⁵⁷. Em particular, os coeficientes estimados podem refletir o efeito da proximidade espacial na eficiência tributária desse grupo de municípios. Isto é, se há externalidades positivas ou negativas afetando seu desempenho tributário⁵⁸.

URB: É o grau de urbanização dado pela razão entre a população urbana e a população total em 2000. É uma variável relevante na medida em que os tributos arrecadados pelos municípios são tipicamente relacionados ao meio urbano. A sua inclusão se justifica porque, de acordo com Carvalho Jr. (2006), existem municípios que, apesar da renda alta, derivada sobretudo do setor agropecuário ou extrativista, têm baixa base tributária de IPTU em razão da escassez de imóveis urbanos. Além disso, a concentração populacional na cidade se traduz em atividade econômica e patrimônio concentrados no meio urbano, o que gera economias de escala na gestão tributária;

INST: É o ano de instalação do município e, portanto, uma medida de maturidade da administração pública municipal. A idéia é verificar se municípios mais antigos, com estruturas administrativas já bem estabelecidas, apresentam maior eficiência tributária⁵⁹;

⁵⁷ Cabe ressaltar que os municípios de regiões metropolitanas tendem a ser os mais populosos, os mais urbanizados, industrializados e possuem os maiores níveis de renda. De fato, os índices de correlação são, respectivamente, 0,28, 0,47, 0,35 e 0,52. Entretanto, todas essas variáveis já estão controladas pela equação de regressão. Assim, o coeficiente da variável METRO reflete o efeito de outras características dos municípios metropolitanos sobre a eficiência tributária.

⁵⁸ Essa variável também poderia captar o efeito de características intrínsecas a municípios de capitais sobre a eficiência, já que a maioria das regiões metropolitanas engloba alguma capital estadual. Entretanto, esse não parece ser o caso pois a amostra inclui apenas 12 municípios de capital e 282 municípios que pertencem a alguma região metropolitana.

⁵⁹ A este respeito, ver Ribeiro e Shikida (2000).

IMOBINF: Variável *dummy* que é igual a unidade se o cadastro imobiliário era informatizado em 2004 e zero caso contrário. A existência de cadastro imobiliário informatizado é indicativa do grau de modernização da administração tributária municipal;

TERR: É a razão entre as unidades territoriais e o total de unidades no cadastro do IPTU (unidades territoriais e prediais) em 2004. O objetivo é verificar se a composição da base de incidência do IPTU afeta significativamente a eficiência tributária dos municípios;

SERVINF: Variável *dummy* que é igual a unidade se o cadastro de prestadores de serviços era informatizado em 2004 e zero caso contrário. Assim como no caso do cadastro imobiliário, a existência de cadastro de prestadores de serviços informatizado é uma medida do grau de modernização da administração tributária municipal. A inclusão destas duas *dummies* pode fornecer um indicativo do retorno, em termos de eficiência tributária, do investimento em modernização dos instrumentos de arrecadação;

EMP: É a razão entre as empresas e o total de contribuintes no cadastro do ISSQN (empresas e outros contribuintes) em 2004. O objetivo é verificar se a composição da base de incidência do ISSQN tem impacto estatisticamente significativo sobre a eficiência tributária dos municípios;

IPTUISS: É a representatividade das receitas do IPTU e do ISSQN na receita tributária municipal, calculada pela razão entre a soma das receitas do IPTU e do ISSQN e o total das receitas tributárias em 2004. Essa variável pode ser entendida como uma medida de diversificação tributária;

TRANSF: É a participação das transferências não-vinculadas na receita total. Isto é, a razão entre a soma das transferências correntes não vinculadas e de capital

não vinculadas e a receita total em 2004. A inclusão dessa variável é importante porque os municípios são muito dependentes de transferências⁶⁰ e estas fornecem um incentivo adverso à arrecadação de tributos e à alocação eficiente de recursos⁶¹ e, portanto, se espera que tenham um efeito negativo significativo sobre a eficiência tributária;

PESSOAL: É o comprometimento médio da receita total com despesas correntes com pessoal e encargos sociais anterior ao exercício de 2001. É a média da razão entre despesas correntes com pessoal e encargos sociais e a receita total em 1998, 1999 e 2000. Essa variável é uma medida de engessamento orçamentário herdado pelo prefeito que ocupava o cargo em 2004.

A Tabela 5, a seguir, apresenta os valores e as estatísticas p (*p-value*) dos coeficientes estimados para as variáveis explicativas tanto para a regressão à média condicional quanto para os quantis condicionais⁶².

⁶⁰ Vide Mendes (1998).

⁶¹ Vide Balaguer *et al* (2004).

⁶² A regressão à média por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) foi feita com a utilização do *software* E-Views 4.1. No caso da regressão quantílica utilizou-se o *software* livre R versão 2.3.1.

Tabela 5: Regressão de LEFIC: média e quantis^a

Variáveis explicativas	MQO ^b	Quantis				
		0,10	0,25	0,50	0,75	0,90
INTERCEPTO	3,38591 <i>0,0000</i>	3,99044 <i>0,0000</i>	3,46760 <i>0,0000</i>	4,07358 <i>0,0000</i>	3,44041 <i>0,0000</i>	1,82979 <i>0,0029</i>
NO	-0,05642 <i>0,0014</i>	-0,09405 <i>0,0014</i>	-0,07440 <i>0,0172</i>	-0,03606 <i>0,0866</i>	-0,03910 <i>0,2400</i>	0,00658 <i>0,7937</i>
NE	-0,02645 <i>0,0373</i>	-0,05617 <i>0,0061</i>	-0,03589 <i>0,0231</i>	-0,02374 <i>0,0917</i>	-0,02074 <i>0,1739</i>	0,00397 <i>0,8548</i>
CO	0,07331 <i>0,0000</i>	0,05498 <i>0,0045</i>	0,06503 <i>0,0001</i>	0,06801 <i>0,0000</i>	0,08196 <i>0,0000</i>	0,09926 <i>0,0002</i>
SUL	0,01941 <i>0,0482</i>	0,02593 <i>0,0730</i>	0,02519 <i>0,0175</i>	0,03381 <i>0,0008</i>	0,02013 <i>0,0496</i>	-0,01426 <i>0,3220</i>
POP	0,09274 <i>0,0267</i>	0,12922 <i>0,0238</i>	0,08785 <i>0,0000</i>	0,05517 <i>0,0186</i>	0,12249 <i>0,0096</i>	-0,01013 <i>0,9082</i>
RPC	0,03299 <i>0,0000</i>	0,04022 <i>0,0000</i>	0,03775 <i>0,0000</i>	0,03568 <i>0,0000</i>	0,02179 <i>0,0000</i>	0,02360 <i>0,0001</i>
POBRE	-0,18351 <i>0,0001</i>	-0,12688 <i>0,0516</i>	-0,14782 <i>0,0037</i>	-0,19649 <i>0,0005</i>	-0,22655 <i>0,0000</i>	-0,26417 <i>0,0001</i>
PIBIND	0,08266 <i>0,0007</i>	0,07414 <i>0,0503</i>	0,06899 <i>0,0095</i>	0,09306 <i>0,0003</i>	0,09653 <i>0,0001</i>	0,07393 <i>0,0650</i>
PIBSERV	0,00731 <i>0,7778</i>	0,01144 <i>0,7817</i>	0,00575 <i>0,8607</i>	0,03707 <i>0,1741</i>	0,03014 <i>0,3184</i>	0,00270 <i>0,9448</i>
METRO	0,06291 <i>0,0000</i>	0,05545 <i>0,0007</i>	0,05290 <i>0,0024</i>	0,05458 <i>0,0003</i>	0,05997 <i>0,0001</i>	0,07489 <i>0,0004</i>
URB	0,30791 <i>0,0000</i>	0,34802 <i>0,0000</i>	0,34245 <i>0,0000</i>	0,29863 <i>0,0000</i>	0,27779 <i>0,0000</i>	0,24889 <i>0,0000</i>
INST	-0,00204 <i>0,0000</i>	-0,00250 <i>0,0000</i>	-0,00219 <i>0,0000</i>	-0,00240 <i>0,0000</i>	-0,00196 <i>0,0000</i>	-0,00106 <i>0,0006</i>
IMOBINF	0,03401 <i>0,0049</i>	0,09261 <i>0,0006</i>	0,05463 <i>0,0301</i>	0,01013 <i>0,4488</i>	0,01138 <i>0,5550</i>	0,01758 <i>0,4049</i>
TERR	0,37952 <i>0,0000</i>	0,33688 <i>0,0000</i>	0,35136 <i>0,0000</i>	0,38166 <i>0,0000</i>	0,41769 <i>0,0000</i>	0,42047 <i>0,0000</i>
SERVINF	0,03415 <i>0,0001</i>	0,03792 <i>0,0034</i>	0,03548 <i>0,0033</i>	0,03527 <i>0,0014</i>	0,03895 <i>0,0001</i>	0,04845 <i>0,0016</i>
EMP	0,02174 <i>0,0574</i>	0,03197 <i>0,0653</i>	0,03758 <i>0,0106</i>	0,02670 <i>0,0293</i>	0,02168 <i>0,1052</i>	0,02574 <i>0,1871</i>
IPTUISS	-0,20147 <i>0,0000</i>	-0,20591 <i>0,0000</i>	-0,17571 <i>0,0000</i>	-0,20859 <i>0,0000</i>	-0,18054 <i>0,0000</i>	-0,16284 <i>0,0000</i>
TRANSF	-0,61855 <i>0,0000</i>	-0,61613 <i>0,0000</i>	-0,59263 <i>0,0000</i>	-0,58654 <i>0,0000</i>	-0,68485 <i>0,0000</i>	-0,70906 <i>0,0000</i>
PESSOAL	-0,18580 <i>0,0000</i>	-0,27610 <i>0,0000</i>	-0,17441 <i>0,0004</i>	-0,16689 <i>0,0001</i>	-0,17728 <i>0,0000</i>	-0,18287 <i>0,0035</i>
Nº de obs	3.242	3.242	3.242	3.242	3.242	3.242
R ² ajustado	0,616					

^a Os números em negrito são os coeficientes das variáveis explicativas. Em itálico, as respectivas estatísticas *p* (*p-value*); ^b Mínimos Quadrados Ordinários.

Observa-se que todas as variáveis incluídas na equação de regressão, à exceção de PIBSERV, apresentaram coeficientes estatisticamente significantes⁶³ na estimativa por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Esse elevado número de coeficientes significantes indica um bom ajuste da equação à distribuição dos índices de eficiência tributária. De fato, considerando que as razões entre produtos e insumos tendem a explicar a maior parte da variação dos índices, e que as variáveis explicativas são externas à função de produção, o poder explicativo da especificação adotada, conforme explicitado pelo R^2 ajustado da regressão, é bastante elevado.

As *dummies* regionais têm coeficientes estatisticamente significantes para a maioria dos quantis. Os sinais indicam, por um lado, que os municípios das regiões Norte e Nordeste são menos eficientes que os municípios da região Sudeste. E, por outro lado, que os mais eficientes são os municípios das regiões Centro-Oeste e Sul. Afora a região Centro-Oeste, todos os coeficientes estimados para o último decil (0,9) não se mostraram significantes, o que indica que, para os grupo de municípios relativamente mais eficientes, a região geográfica não é fator relevante para explicar as diferenças observadas nos índices de eficiência tributária.

O coeficiente positivo e significativo estimado para POP na estimativa MQO parece indicar que de fato há ganhos de escala envolvidos na gestão tributária. O mesmo ocorre para a maioria dos quantis, à exceção do superior. Além disso, o valor dos coeficientes indicam que a escala tem praticamente o mesmo impacto sobre os municípios do quantis 0,1 e 0,75.

O coeficiente associado ao nível de renda, representado pela variável RPC, possui sinal positivo e é estatisticamente significativo para um intervalo de 99% de confiança em todos os quantis, indicando que a base tributária é muito relevante na explicação da eficiência tributária. O resultado é interessante porque confere

⁶³ Em um intervalo de até 90% de confiança.

importância a uma variável sob a qual os administradores municipais não têm muito (ou qualquer) controle. Ademais, o que se observa é que, de maneira geral, esse impacto é maior quanto mais baixos os quantis. Ou seja, quanto menor a eficiência relativa dos municípios mais determinante é sua base tributária para seu desempenho tributário.

A variável POBRE tem efeito negativo e significativo sobre a eficiência tributária municipal. A desigualdade de renda, portanto, contribui para uma gestão tributária ineficiente. Este resultado também reforça o papel determinante da base tributária na medida em que a pobreza pode se traduzir em isenções de tributos, domicílios em condição irregular e em informalidade no setor de serviços. Ao contrário do observado em RPC, porém, quanto mais elevado o quantil, maior o impacto da desigualdade.

A composição setorial apresentou resultados curiosos. Por um lado, considerando que uma dos principais impostos arrecadados pelos municípios é o ISSQN, que incide sobre serviços prestados por empresas ou profissionais autônomos, esperava-se que o coeficiente da variável PIBSERV fosse positivo e significativo. O resultado foi um coeficiente positivo porém não significativo. Uma das possíveis explicações é o grau de informalidade e, portanto, de evasão fiscal associada à prestação de serviços. Entretanto, fazendo um exame cuidadoso dos dados revela que o coeficiente de correlação entre PIBSERV e RPC é igual a -0,40 e entre PIBSERV e POBRE é -0,51. O que leva a crer que PIBSERV não é um bom indicador de base tributária municipal⁶⁴.

Por outro lado, PIBIND apresentou coeficiente positivo e significativo⁶⁵ em todos os quantis. Esse resultado parece ser bastante robusto tendo em conta que a equação também controla os efeitos do nível de renda, grau de urbanização e aqueles associados aos municípios de região metropolitana. Assim, quanto maior

⁶⁴ Outro dado aparentemente contraditório é o coeficiente de correlação entre PIBSERV e URB: -0,02.

⁶⁵ Para um intervalo de confiança de 90%.

a participação do setor industrial na economia local, maior a eficiência tributária do município.

Os coeficientes de METRO e URB são positivos e estatisticamente significantes em todos os quantis. O resultado obtido para METRO permite especular se os municípios de regiões metropolitanas⁶⁶ se beneficiam de externalidades positivas geradas pelos municípios próximos. O resultado de URB parece refletir o fato do grau de urbanização estar diretamente relacionado ao número de imóveis urbanos e as economias de escala geradas por uma população e, portanto, atividades econômicas, concentradas no meio urbano.

Para todos os quantis analisados o ano de instalação do município, INST, apresentou coeficiente negativo e significativo. Acredita-se que quanto mais jovem o município, maiores os recursos necessários à organização de uma estrutura administrativa eficiente. Municípios há muito tempo estabelecidos possuem maior conhecimento sobre sua base tributária, possuem mais cadastros e já possuem estruturas de arrecadação já estruturadas que não requerem grandes recursos (despesas e funcionários) para serem mantidas.

Uma medida da qualidade dos instrumentos tributários à disposição das prefeituras é a existência ou não de cadastros de contribuintes informatizados. Nesse sentido, os resultados indicam que a informatização do cadastro de contribuintes do ISSQN rende bons frutos em termos de eficiência tributária. Isso porque o coeficiente de SERVINF é positivo e significativo para todos os quantis. Já IMOBINF é significativo apenas para os municípios do primeiro quartil da distribuição dos índices de eficiência. Isso significa que uma vez alcançado um nível mediano de eficiência tributária, a informatização do cadastro imobiliário deixa de ser variável relevante para incrementar ainda mais a eficiência.

⁶⁶ A amostra comporta 282 municípios que fazem parte de alguma região metropolitana.

A representatividade dos terrenos no cadastro imobiliário, TERR, possui coeficiente positivo e significativo para todos os quantis. Esse resultado possivelmente reflete a prática disseminada entre os municípios brasileiros de se adotar alíquotas de IPTU maiores para unidades territoriais (sem edificações) do que para unidades prediais. Ademais, nota-se que o impacto da proporção de terrenos cadastrados é tão maior quanto mais elevado o quantil.

A proporção de empresas no cadastro de prestadores de serviços, CEMP, em contraposição à participação de outros contribuintes, possui coeficiente positivo e significativo para a maioria dos quantis, à exceção do decil superior. Pode-se argumentar, então, que fiscalizar empresas seja mais fácil do que fiscalizar profissionais autônomos. Além disso, quanto mais elevado o quantil, menor o coeficiente estimado, provavelmente indicando que a dificuldade de fiscalização é tão menor quanto mais eficiente o município.

No que se refere à variáveis fiscais, o que se observa para todos os quantis é que quanto maior a concentração das receitas tributárias, IPTU/ISS, menor a eficiência tributária. Dito de outra forma, a diversificação das fontes de receita é uma estratégia eficaz que pode ser adotada pelos governos locais para aumentar a eficiência tributária do município. Entretanto, essa concentração em poucas receitas pode refletir uma característica intrínseca da base tributária municipal e, portanto, não estar sob o controle imediato dos prefeitos.

As transferências não vinculadas, TRANSF, como era esperado, apresentam sinal negativo e significativo para todos os quantis, inclusive para os mais elevados. Isso indica que o incentivo adverso ao esforço arrecadatório e à alocação eficiente de recursos (gastos e funcionários) afeta até os municípios relativamente mais eficientes⁶⁷.

⁶⁷ Esses resultados refutam Ribeiro (1999), que verifica uma relação positiva entre a eficácia de arrecadação e as transferências intergovernamentais para uma amostra de municípios gaúchos, e argumenta que: “Este resultado (...) pode ser explicado no sentido de que a demanda de bens públicos locais é tal que aumentos de receitas públicas não induzem a substituição de bens públicos por renda privada (menos impostos). Além

O efeito da rigidez orçamentária sobre a eficiência tributária afeta significativamente os municípios de todos os quantis de forma negativa. Esse resultado parece apontar que, de fato, engessamento significa menos flexibilidade para promover reformas administrativas que, entre outras medidas, impliquem redução de gastos, demissão de funcionários e alocação de recursos em atividades mais produtivas do ponto de vista tributário. Cabe destacar ainda que o comprometimento da receita total com despesas de pessoal é particularmente danoso para os municípios menos eficientes (primeiro decil).

5. Conclusões

Os índices de eficiência tributária obtidos pela aplicação do DEA aos dados municipais, no primeiro estágio, servem como parâmetros úteis na avaliação das administrações tributárias locais. Ao contrário de estimativas obtidas via métodos econométricos, os índices aqui computados baseiam-se no conceito de fronteira sem forma funcional estabelecida, de forma que a avaliação da eficiência técnica ocorre mediante comparação com as melhores práticas observadas na amostra de municípios. A detecção e exclusão de *outliers*, por sua vez, garantem maior comparabilidade entre os municípios da amostra, resultando em estimativas mais robustas de eficiência relativa.

De fato, a estimação da fronteira de melhores práticas tributárias pela aplicação do DEA-CRS produto orientado à amostra de dados dos municípios brasileiros mostrou-se bastante sensível à presença de observações discrepantes. A comparação das estatísticas descritivas dos índices de eficiência computados para a amostra original e para a amostra corrigida, aponta que a remoção das observações consideradas *outliers* torna a distribuição dos índices um pouco mais

disso, pode-se argumentar que municípios muito pobres passam a utilizar a receita adicional para efetivamente cobrar mais impostos, por poderem contar com uma máquina administrativa melhor.”

Normal. Isto é, a contração da fronteira, agora composta por mais municípios, reduz o número de municípios com índices nulos ou muito baixos, aumenta o desvio-padrão e diminui a assimetria e a curtose da distribuição de índices de eficiência.

Nesse sentido a utilização do método *Jackstrap* proposto por Sousa e Stosic (2005) apresentou-se como um método bastante eficaz para a detecção de *outliers* em grandes amostras de dados. No presente estudo, em particular, que baseia as análises na observação de informações municipais caracterizadas pela grande heterogeneidade dos dados, a aplicação do *Jackstrap* foi importante para a geração de estimativas mais robustas de eficiência relativa.

O DEA interpreta qualquer desvio da fronteira como ineficiência. Entretanto, é razoável supor que em muitos casos a distância relativa da prática eficiente é determinada por variáveis não incluídas na função de produção ou por variáveis que não estão sob o controle das administrações municipais. E, tendo em vista a formulação adequada de políticas públicas, principalmente num contexto federativo, é crucial a identificação dos fatores capazes de explicar os índices de eficiência obtidos. Por isso, em um segundo estágio, recorre-se à regressão do logaritmo dos índices de eficiência em variáveis externas à função de produção.

A análise de regressão à média indica a existência de um padrão regional de eficiência tributária que, em comparação com os municípios do Sudeste, favorece os municípios da região Centro-Oeste e Sul em detrimento daqueles das regiões Norte e Nordeste. A estimativa para os quantis revela, porém, que região geográfica não é relevante para os municípios relativamente mais eficientes (último decil da distribuição de índices de eficiência).

O efeito do tamanho populacional revela-se positivo e significativo na explicação das diferenças observadas entre os índices de eficiência para a grande maioria dos quantis, o que é interpretado como evidência da importância da escala para a

administração tributária municipal. Economia de escala na gestão tributária também parece ser uma possível interpretação para o efeito positivo e bastante significativo observado para a variável que mede o grau de urbanização do município e para a *dummy* de região metropolitana.

Os coeficientes muito significantes associados ao nível de renda *per capita*, grau de pobreza e urbanização da população municipal sugerem um papel determinante da base tributária local (capacidade de pagamento dos contribuintes) na eficiência tributária dos municípios. No caso da renda *per capita*, em particular, os resultados mostram que quanto menor a eficiência relativa dos municípios (isto é, quanto mais baixo o quantil), mais determinante é sua base tributária para seu desempenho tributário.

A composição setorial da base tributária, conforme denotado pela participação da indústria na economia local também afeta positivamente a eficiência tributária. Curiosamente, a participação do setor terciário, apesar de intimamente relacionado a atividades urbanas e à arrecadação de ISSQN, apresentou coeficiente não significativo.

O ano de instalação do município apresentou sinal positivo e significativo para todos os quantis, muito provavelmente indicando que, pela necessidade de inverter maior quantidade de recursos para a organização de estrutura de arrecadação e pela falta de maturidade da base tributária local, quanto mais jovem o município menor sua eficiência tributária.

Na média, a manutenção de cadastros informatizados para imóveis e prestadores de serviços é relevante para explicar índices mais elevados de eficiência. Trata-se de uma indicação dos retornos associados à modernização das administrações tributárias. A análise dos quantis revela, porém, que a informatização do cadastro imobiliário só é relevante para os municípios relativamente menos eficientes (até o primeiro quartil da distribuição dos índices de eficiência).

A proporção de terrenos no cadastro imobiliário também influencia positivamente a eficiência da maioria dos quantis, talvez como resultado das maiores alíquotas cobradas de terrenos (sem edificações). Também positivo é o impacto da representatividade das empresas no cadastro de prestadores de serviços, o que parece indicar que a tributação de profissionais autônomos exige mais recursos (para fiscalização, por exemplo) e gera menos arrecadação do que tributação de empresas.

A regressão á média também permitiu verificar o efeito nocivo de três variáveis fiscais sobre a eficiência tributária dos municípios, conforme expressa em coeficientes estimados de sinal negativo e significantes. No caso da variável de concentração das receitas tributárias no IPTU e no ISSQN, o resultado parece indicar que a diversificação tributária pode se configurar como estratégia eficaz para incrementar a eficiência tributária municipal.

Para as transferências, o coeficiente estimado possivelmente reflete o incentivo adverso das transferências à arrecadação de tributos e à alocação eficiente de recursos. Ademais, os coeficientes estimados para os quantis permitem observar que o efeito negativo das transferências é maior para os municípios relativamente mais eficientes (a partir do último quartil).

Já no caso do comprometimento estrutural das receitas com despesas com pessoal, a indicação é que o engessamento orçamentário pode reduzir a eficiência tributária reduzindo a flexibilidade para, por exemplo, reduzir gastos, demitir funcionários e alocar recursos em atividade mais produtivas do ponto de vista tributário.

6. Referências bibliográficas

Aigner, D. J., C. A. K., Lovell e P. Schmidt (1977). "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models". *Journal of Econometrics*, 6, pp 21-37.

Ansari, M.M. (1983). "Tax Ratio and Tax Effort Analysis: A Critical Evaluation". *Bulletin of the International Bureau of Fiscal Documentation*, p.345-53.

Bahl, R. W. (1971). "A Regression Approach to Tax Effort and Tax Ratio Analysis". *IMF Staff Papers*, n. 18, p. 570-607.

Balaguer-Coll, M. T., Prior D. e Tortosa-Ausina, E. (2004). "On the Determinants of Local Government Performance: a Two-Stage Nonparametric Approach". *Working paper*. EC, n. 4. Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE).

Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper (1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis." *Management Science*, 30, 1078–1092.

Banker, R. D., Natarajan, R. (2001). "Evaluating Contextual Variables Affecting Productivity Using Data Envelopment Analysis". *Working Paper Series – University of Texas at Dallas*, Apr.

Baptista, Creomar (2002). "Indicadores Financeiros e Capacidade Tributária na Bahia – Regiões e Municípios". In: *Dez anos de economia baiana*. Salvador: SEI, p. 243-260.

Batesse, G. E. (1992) "Frontier Production Function and Technical Efficiency: a Survey of Empirical Applications in Agricultural Economics". *Agricultural Economics*, v. 7, p. 185-208.

Batesse, G. E., Coelli, T. J. (1991). "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data with Application to Farmers in India". *Working Paper in Applied Statistics*, 56. University of New England/Department of Econometrics.

Batesse, G. E., Coelli, T. J. (1995). "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data". *Empirical Economics*, 20:325-332.

Batesse, G. E., Tessema, G. A. (1993). "Estimation of Stochastic Frontier Production Function with Time Varying Parameters of Technical Efficiencies Using Panel Data from Indian Villages". *Agricultural Economics*, v.9, p.313-333.

Bird, Richard M. (1976). "Assessing Tax Performance in Developing Countries: A Critical Review of the Literature". *Finanzarchiv*, v.34, nº2, p. 244-65.

Blanco, F. A. (1998). "Disparidades Interregionais, Capacidade de Obtenção de Recursos Tributários, Esforço Fiscal e Gasto Público no Federalismo Brasileiro". *XX Prêmio BNDES de Dissertação de Mestrado*, Rio de Janeiro. BNDES.

Blanco, F. A. (2001). "Estresse Fiscal como Determinante da Elevação do Esforço de Arrecadação Tributária dos Governos Estaduais Brasileiros". *Anais do XXIX Encontro Nacional de Economia*.

Carvalho Jr., Pedro Humberto Bruno (2006). "IPTU no Brasil: Progressividade, Arrecadação e Aspectos Extra-Fiscais". *Texto para discussão nº 1251*. IPEA..

Campello, Carlos Alberto G. Barreto (2003). *Eficiência Municipal: Um Estudo no Estado de São Paulo*.

Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978). "Measuring Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research*, 1, 429–44.

Chelliah, R. J. (1971). "Trends in Taxation in Developing Countries". *IMF Staff Papers*, n. 18, p. 254-331.

Chelliah, R. J., Baas, H. J., Kelly, M. R. (1975). "Tax Ratios and Tax Effort in Developing Countries, 1969-71". *IMF Staff Papers*, n. 22, p. 187-205.

Coelli, T.J. (1991). "Maximum-likelihood Estimation of Stochastic Production Functions with Time Varying Technical Efficiency Using the Computer Program Frontier 2.0". *Working Paper in Econometrics and Applied Statistics*. Department of Econometrics. University of New England.

Debreu, G. (1951). "The Coefficient of Resource Utilization." *Econometrica* 10(3), 273-292.

Deprins, D., L. Simar and H. Tulkens. (1984). "Measuring Labor Efficiency in Post Offices." In M. Marchand, P. Pestieau and H. Tulkens (eds.), *The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurements*. Elsevier, pp. 345–367.

Färe, R., S. Grosskopf and C. K. Lovell. (1985). "The Measurement of Efficiency of Production". Boston: Kluwer-Nijhoff Publishing.

Färe, R., S. Grosskopf and C. K. Lovell. (1994). "Production Frontiers". Cambridge: Cambridge University Press.

Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, A CXX, Part 3.

Gasparini, C., Melo, C. S. L. (2004). “Eqüidade e Eficiência Municipal: Uma Avaliação do Fundo de Participação dos Municípios”. In: Tesouro Nacional. (Org.). *Finanças Públicas*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, v. 8, p. 337-401.

Kneip, A., B. U. Park and L. Simar. (1998). “A Note on the Convergence of Nonparametric DEA Estimators in Production Efficiency Scores.” *Econometric Theory*, 14, 783–793.

Koenker, R. (2005). “Quantile Regression”. *Econometric Society Monographs*, 48, Cambridge University Press.

Koenker, R., and G. Bassett (1978). “Regression Quantiles”. *Econometrica*, 46, 33-50.

Koenker, R. and Hallock, K. F. (2001). “Quantile Regression”. *Journal of Economic Perspectives*, v.15, nº 4, 143-156.

Koopmans, T. C. (1951). “An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities.” In T. C. Koopmans (ed), *Activity Analysis of Production and Allocation*. Cowles Commission for Research in Economics, Monograph 13. New York: John-Wiley and Sons, Inc.

Leuthold, Jane H. (1991). “Tax Share in Developing Economies – A Panel Study”. *Journal of Development Economics*, v.35, p. 173-85.

Lotz, Jorgen R. e Morss, Elliot R. (1967). “Measuring ‘Tax Effort’ in Developing Economies. *IMF Staff Papers*, v.14, p. 478-99.

Lotz, Jorgen R. e Morss, Elliot R. (1970). “A Theory of Tax Level Determinants for Developing Countries”. *Economic Development and Cultural Change*, n. 18, p. 328-341.

Mendes, M. J. (1998). “Incentivos Eleitorais e Desequilíbrio Fiscal de Estados e Municípios”. Instituto Fernand Braudel de Economia Mundial, Dez. *Mimeo*.

Mendonça, E. de C., Mendonça, R. P. de A., Oliveira, A. L. R. de, Proite, A. (2006). “Os Contratos de Licenciamento e a Eficiência Técnica dos Setores Industriais Brasileiros: Uma Análise à Luz do Método de Fronteira Estocástica e da Análise Envoltória de Dados (DEA)”. *Revista Economia*, v.7, nº 3, p. 531-560, set/dez, Brasília-DF.

Park, B. U., L. Simar and C. Weiner. (2000). “The FDH Estimator for Productivity Efficiency Scores.” *Econometric Theory*, 16, 855–877.

Piancastelli, M. (2001). “Measuring the tax effort of developed and developing countries. Cross Country – Panel Data Analysis – 1985/95”. *Texto para Discussão*, n. 818. Rio de Janeiro: IPEA.

Piancastelli, M., Miranda, R. B., Vasconcelos, J. R. de, (2004). “Esforço Fiscal dos Estados Brasileiros”. Brasília: ESAF. 49 p. Monografia agraciada com menção honrosa no IX Prêmio Tesouro Nacional – 2004, Ajuste Fiscal e Dívida Pública, Brasília (DF).

Press, W. H., Teukolsky S. A., Vettering W. T. and Flannery B. P. (1992). “Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing”, Cambridge University Press.

Proite, André e Sousa, Maria da Conceição de Sampaio (2004). “Eficiência Técnica, Economias de Escala, Estrutura da Propriedade e Tipo de Gestão no Sistema Hospitalar Brasileiro”. *Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia*.

Reis, E. e Blanco, F. A. (1996), “Capacidade Tributária dos Estados Brasileiros - 1970/90”. *Economia Brasileira em Perspectiva*, v.2. Rio de Janeiro:IPEA.

Ribeiro, E. P. (1998). “Transferências Intergovernamentais e Esforço Fiscal dos Estados Brasileiros”. *Anais do XXI Encontro Brasileiro de Econometria*.

Ribeiro, E. P. (1999). “Eficácia e Capacidade Tributária dos Municípios do Rio Grande do Sul”. *Anais do II Encontro de Economia e Econometria da Região Sul*. Curitiba : FCE, v. 1.

Ribeiro, E. P. e Schwengber, S. B. (2000). “O Impacto do Fundo de Participação (FPE) no Esforço Tributário dos Estados: Uma Estimativa do Potencial de Arrecadação do ICMS”. *IV Prêmio STN de Monografias*, Brasília:ESAF.

Ribeiro, E. P. e Shikida, C. D. (2000). “Existe *Trade-off* entre Receitas Próprias e Transferências? O Caso dos Municípios Mineiros”. *Anais do IX Seminário sobre a Economia Mineira*. Belo Horizonte : UFMG - CEDEPLAR, v. 1. p. 441-462.

Ribeiro, E. P. (2005). “Capacidade e Esforço Tributário no Rio Grande do Sul: O Caso dos Municípios”. *Perspectiva Econômica*, São Leopoldo, RS, v. 1, n. 1, p. 21-49.

Shikida (1999). “Análise Crítica do Crescimento do Estado Através da Criação de Novos Municípios”. *Projeto Nemesis*. Rio de Janeiro: IPEA.

Shin, Kilman (1969). “International Difference in Tax Ratio”. *The Review of Economics and Statistics*, v.51, nº1, p. 213-220.

Simar, L. and P. Wilson. (2000). “Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: The State of the Art”, *Journal of Productivity Analysis*, 13, 49–78.

Sousa, M. C. S., Stosic, Borko D. (2005). "Technical Efficiency of the Brazilian Municipalities: Correcting Nonparametric Frontier Measurements for Outliers". *Journal of Productivity Analysis*, Springer-Netherlands, v. 24, p. 155-179.

Stosic, B. and M. C. Sampaio de Sousa. (2003). "Jackstrapping DEA Scores for Robust Efficiency Measurement." *Anais do XXV Encontro Brasileiro de Econometria SBE*, 1525–1540.

Tait, A., Gratz, W. L. M., Eichengreen, B. J. (1979). "International Comparisons of Taxation for Selected Developing Countries, 1972-76". *IMF Staff Papers*, n. 26, p. 123-156.

Valdmanis, V.G, & Blank, J.L.T. (2002) "A Modified Three Stage DEA: An Application to Home for Mentally Disabled in Netherlands". *Mimeo*.

Varsano, R. et alli (1998). "Uma análise da carga tributária do Brasil". *Planejamento e Políticas Públicas*.

Xue, M. e Harker, P.T (1999). "Overcoming the Inherent Dependency of DEA Efficiency Scores: A Bootstrap Approach". *Working Paper*. University of Pennsylvania - The Wharton School.

7. ANEXOS - Tabelas

Tabela A1. Descrição detalhada dos insumos e produtos dos municípios - 2004

Insumos e produtos	Fonte	Descrição
<i>Insumos</i>		
I1. Número de funcionários ativos	IBGE ^a , Perfil dos Municípios Brasileiros - Gestão Pública 2004	Total de funcionários ativos da administração direta somado ao total de funcionários ativos da administração indireta
I2. Despesas administrativas	STN ^b , FINBRA ^c 2004	Valor, em reais unitários correntes, da despesa empenhada na função Administração
<i>Produtos</i>		
P1. Receita de IPTU e ISSQN	STN, FINBRA 2004	Valor, em reais unitários correntes, da soma da arrecadação do Imposto Predial e Territorial Urbano e do Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza
P2. Demais receitas tributárias	STN, FINBRA 2004	Valor, em reais unitários correntes, da soma da arrecadação do Imposto de Renda Retido nas Fontes sobre o Rendimento do Trabalho (IRRF), do Imposto sobre Transmissão "Inter Vivos" de Bens Imóveis e de Direitos Reais sobre Imóveis (ITBI), das Taxas e de Contribuição de Melhoria
P3. Número de cadastros do IPTU e do ISSQN	IBGE, Perfil dos Municípios Brasileiros - Gestão Pública 2004	Total de unidades prediais e territoriais constantes no cadastro de IPTU somada ao número total de empresas e outros contribuintes no cadastro do ISSQN

^a Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; ^b Secretaria do Tesouro Nacional; ^c Finanças Públicas do Brasil - Dados Contábeis dos Municípios.

Tabela A2. Observações mais influentes: *Jackstrap*^a aplicado ao DEA-CRS^b, NRS^c, VRS^d e ao FDH^e

Município - UF	DEA-CRS				DEA-NRS				DEA-VRS				FDH			
	Posição	Leverage ^f	Retiradas ^g	Retiradas influentes ^h	Posição	Leverage	Retiradas	Retiradas influentes	Posição	Leverage	Retiradas	Retiradas influentes	Posição	Leverage	Retiradas	Retiradas influentes
São Paulo - SP	1	0,154160	66	87	1	0,150105	66	87	1	0,186405	66	87	2952	0,000000	0	87
Caldas Novas - GO	2	0,139585	76	94	2	0,149567	73	94	4	0,128039	72	94	17	0,040548	77	94
Balneário Gaivota - SC	3	0,116170	71	87	5	0,114117	69	87	2	0,137221	72	87	9	0,069463	79	87
Nova Friburgo - RJ	4	0,104816	45	84	16	0,077497	38	84	9	0,104259	40	84	1142	0,000233	5	84
Ubatuba - SP	5	0,103577	63	89	11	0,086418	63	89	13	0,100350	65	89	47	0,028548	74	89
Curitiba - PR	6	0,100088	71	102	7	0,107152	69	102	8	0,107001	73	102	577	0,002265	14	102
Foz do Iguaçu - PR	7	0,097847	44	84	9	0,097661	46	84	24	0,073310	38	84	3016	0,000000	0	84
Belo Horizonte - MG	8	0,097403	71	93	3	0,123965	74	93	3	0,129697	72	93	2468	0,000000	0	93
Iguaçu - SP	9	0,095277	69	91	4	0,115203	75	91	6	0,114862	72	91	83	0,021428	82	91
Praia Grande - SP	10	0,094267	76	95	8	0,100728	73	95	7	0,111094	80	95	325	0,006113	49	95
Criciúma - SC	11	0,092754	59	84	17	0,076554	58	84	11	0,103656	57	84	567	0,002352	28	84
Bagé - RS	12	0,089957	36	83	14	0,082090	34	83	31	0,064564	28	83	1481	0,000021	2	83
Belém - PA	13	0,089403	69	93	6	0,108913	70	93	5	0,121210	73	93	56	0,026234	74	93
São Caetano do Sul - SP	14	0,084924	68	84	13	0,085878	66	84	20	0,086809	70	84	1133	0,000242	2	84
Marília - SP	15	0,080821	37	79	24	0,068497	36	79	28	0,070867	36	79	2892	0,000000	0	79
Santa Luzia - MG	16	0,080586	31	74	22	0,071688	33	74	22	0,079783	31	74	2669	0,000000	0	74
Itapema - SC	17	0,078769	64	84	80	0,028453	59	84	45	0,050234	61	84	40	0,031079	77	84
Macaé - RJ	18	0,077292	38	94	30	0,063842	33	94	25	0,073162	35	94	2799	0,000000	0	94
Balneário Arroio do Silva - SC	19	0,077192	63	83	15	0,080636	64	83	17	0,090804	66	83	8	0,071526	76	83
Armação dos Búzios - RJ	20	0,073614	21	60	36	0,060306	19	60	106	0,026854	9	60	2777	0,000000	0	60
Balneário Pinhal - RS	21	0,072949	65	74	20	0,075400	62	74	15	0,097723	63	74	3	0,090265	72	74
Vinhedo - SP	22	0,072948	69	103	28	0,064190	67	103	38	0,057321	70	103	75	0,022499	89	103
Niterói - RJ	23	0,071734	35	52	10	0,087693	35	52	14	0,097845	36	52	776	0,001001	11	52
São Vicente - SP	24	0,068467	62	88	18	0,076377	61	88	18	0,089795	59	88	875	0,000664	19	88
Itanhaém - SP	25	0,067896	68	94	19	0,076169	75	94	21	0,081980	73	94	23	0,035575	88	94
Mongaguá - SP	26	0,067634	60	76	12	0,086197	56	76	12	0,103151	57	76	14	0,047423	72	76
Planaltina - GO	27	0,066462	52	75	31	0,062624	52	75	26	0,072431	54	75	550	0,002523	11	75
Salvador - BA	28	0,065198	60	83	21	0,072571	60	83	10	0,104132	60	83	1069	0,000321	5	83
Caraguatatuba - SP	29	0,064002	48	90	69	0,034873	41	90	91	0,031245	36	90	589	0,002154	14	90
Itaboraí - RJ	30	0,062926	34	94	32	0,062346	43	94	27	0,071942	39	94	2793	0,000000	0	94
Bento Gonçalves - RS	31	0,062128	50	99	34	0,060571	44	99	53	0,045959	39	99	1050	0,000346	11	99
Santana do Livramento - RS	32	0,060596	57	74	38	0,056611	55	74	40	0,055521	55	74	489	0,003138	30	74
Jundiá - SP	33	0,060437	51	93	35	0,060465	53	93	33	0,060885	58	93	340	0,005751	48	93
Moji das Cruzes - SP	34	0,056230	54	86	33	0,061773	47	86	16	0,092669	51	86	145	0,013919	62	86
Cubatão - SP	35	0,055748	31	91	46	0,047692	25	91	54	0,045705	26	91	2858	0,000000	0	91
Porto Alegre - RS	36	0,053764	63	90	26	0,066827	62	90	19	0,089625	65	90	3275	0,000000	0	90
Sorocaba - SP	37	0,053367	29	86	51	0,042596	31	86	92	0,031130	27	86	879	0,000653	8	86
Bertioga - SP	38	0,050114	56	88	88	0,025766	49	88	75	0,034692	54	88	185	0,011537	41	88
Itapoá - SC	39	0,049696	64	93	23	0,068927	67	93	36	0,057844	66	93	10	0,059247	91	93
Passo Fundo - RS	40	0,048714	68	94	41	0,053858	65	94	46	0,048848	64	94	102	0,017598	79	94
São José dos Pinhais - PR	41	0,048125	25	77	43	0,051789	32	77	64	0,041504	32	77	807	0,000874	11	77
Palmares do Sul - RS	42	0,048101	56	93	29	0,064027	56	93	30	0,065011	60	93	78	0,022165	85	93
Palhoça - SC	43	0,047082	50	84	27	0,064933	59	84	41	0,055273	58	84	126	0,015473	68	84
Maricá - RJ	44	0,046595	27	84	52	0,042341	31	84	49	0,046722	33	84	1477	0,000022	1	84
Florianópolis - SC	45	0,045365	38	106	49	0,043236	38	106	44	0,052647	39	106	575	0,002276	19	106
Caxias do Sul - RS	46	0,045169	36	85	44	0,049427	35	85	63	0,042149	31	85	570	0,002314	24	85
Jaguaruna - SC	47	0,044767	73	114	61	0,037446	69	114	35	0,059626	75	114	787	0,000957	10	114
Santana de Parnaíba - SP	48	0,043693	39	92	50	0,042959	28	92	67	0,040550	31	92	2943	0,000000	0	92

^aMétodo proposto por Stocic e Sampaio de Souza (2005) que consiste numa combinação das técnicas de reamostragem de *Jackknife* e *Bootstrap* para a obtenção dos *leverages* das observações; ^bAnálise envoltória de dados com retornos constantes de escala (do inglês, *Data Envelopment Analysis with Constant Returns of Scale*); ^cDEA com retornos não crescentes de escala (*Non increasing Returns of Scale*); ^dDEA com retornos variáveis de escala (*Variable Returns of Scale*); ^eMétodo da "camada" de livre descarte (do inglês, *Free Disposal Hull*); ^fMedida aproximada da influência de uma dada observação nos índices de eficiência das demais observações da amostra; ^gNúmero de vezes em que, durante o procedimento *Jackstrap*, a DMU foi retirada de sua bolha para calcular as eficiências das demais DMUs de sua bolha e, portanto, seu próprio *leverage*; ^hNúmero de vezes em que, durante o procedimento *Jackstrap*, quando retirada de sua bolha, a DMU alterou as eficiências calculadas para as demais DMUs de sua bolha;

Tabela A3. Estatísticas descritivas dos insumos e dos produtos da amostra original (3.438 municípios)

Insumos e produtos	Média	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Mínimo	Máximo
<i>Insumos</i>								
I1. Número de funcionários ativos	909	392	153	3.197	1,642	35	52	156.474
I2. Despesas administrativas (R\$)	4.507.187	1.250.851	1.091.093	16.761.668	236	13	1.129	401.942.788
<i>Produtos</i>								
P1. Receita de IPTU ^a e ISSQN ^b (R\$)	4.423.193	150.172	131.000	82.821.467	3,046	54	55	4.714.224.425
P2. Demais receitas tributárias ^c	1.626.719	185.662	96.159	20.853.577	2,616	49	2	1.142.432.280
P3. Número de cadastros do IPTU e do ISSQN ^d	14.925	3.076	650	84.375	1,836	38	4	4.235.867

^a Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana; ^b Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza; ^c Imposto de Renda Retido nas Fontes sobre o Rendimento do Trabalho (IRRF), Imposto sobre Transmissão "Inter Vivos" de Bens Imóveis e de Direitos Reais sobre Imóveis (ITBI), Taxas e Contribuição de Melhoria; ^d Unidades prediais e territoriais no cadastro do IPTU, empresas e outros contribuintes no cadastro do ISSQN.

Tabela A4. Estatísticas descritivas dos insumos e dos produtos da amostra corrigida^a (3.390 municípios)

Insumos e produtos	Média	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Mínimo	Máximo
<i>Insumos</i>								
I1. Número de funcionários ativos	804	388	153	1.517	98	8	52	29.271
I2. Despesas administrativas (R\$)	3.784.130	1.235.770	1.091.093	12.023.547	274	13	1.129	355.620.637
<i>Produtos</i>								
P1. Receita de IPTU ^b e ISSQN ^c (R\$)	2.138.422	145.802	131.000	11.661.182	284	15	55	308.296.846
P2. Demais receitas tributárias ^d	902.019	180.319	96.159	3.600.369	221	12	2	95.395.965
P3. Número de cadastros do IPTU e do ISSQN ^e	11.554	3.026	650	31.057	104	8	4	686.771

^a Amostra original exclusive 48 observações consideradas *outliers* pelo critério da função *Heaviside*; ^b Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana; ^c Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza; ^d Imposto de Renda Retido nas Fontes sobre o Rendimento do Trabalho (IRRF), Imposto sobre Transmissão "Inter Vivos" de Bens Imóveis e de Direitos Reais sobre Imóveis (ITBI), Taxas e Contribuição de Melhoria; ^e Unidades prediais e territoriais no cadastro do IPTU, empresas e outros contribuintes no cadastro do ISSQN.

Tabela A5. Estatísticas descritivas dos índices de eficiência DEA-CRS, NRS, VRS e FDH

Tipo de amostra	Número de observações ^a	Desvio								Número de observações eficientes (%)
		Média	Mediana	Moda	Padrão	Assimetria	Curtose	Mínimo	Máximo	
<i>DEA-CRS</i>										
Original	3438 (0)	0,105	0,079	0,000	0,107	2,990	16,148	0,000	1,000	8 (0,23%)
Corrigida ^b	3390 (48)	0,237	0,191	1,000	0,167	1,655	3,336	0,000	1,000	16 (0,47%)
<i>DEA-NRS</i>										
Original	3438 (0)	0,098	0,073	0,000	0,113	3,263	17,827	0,000	1,000	10 (0,29%)
Corrigida	3391 (47)	0,240	0,187	0,000	0,184	1,725	3,357	0,000	1,000	31 (0,91%)
<i>DEA-VRS</i>										
Original	3438 (0)	0,132	0,103	0,000	0,127	2,821	13,143	0,000	1,000	15 (0,44%)
Corrigida	3371 (67)	0,295	0,247	1,000	0,200	1,401	2,046	0,000	1,000	51 (1,51%)
<i>FDH</i>										
Original	3438 (0)	0,529	0,480	1,000	0,290	0,321	-1,139	0,009	1,000	476 (13,85%)
Corrigida	3322 (116)	0,664	0,678	1,000	0,284	-0,240	-1,289	0,009	1,000	846 (25,47%)

^a O número em parênteses corresponde às observações excluídas da amostra original; ^b Amostra original exclusive os *outliers* detectados pela função *Heaviside*;

Tabela A6. Descrição detalhada das variáveis municipais presentes na equação de regressão^a

Nome	Descrição	Fonte	Detalhe
LEFIC	Logaritmo na base 10 dos índices de eficiência da arrecadação tributária municipal em 2004 calculados pelo método DEA-CRS produto orientado	Cálculos próprios	DEA- CRS: <i>Data Envelopment Analysis with Constant Returns of Scale</i> .
NO	Dummy: igual a 1 se está na região Norte, 0 caso contrário	IBGE ^b	A variável dummy que serve de controle é aquela que é igual a 1 se o município está região Sudeste ou 0 caso contrário.
NE	Dummy: igual a 1 se está na região Nordeste, 0 caso contrário	IBGE	A variável dummy que serve de controle é aquela que indica se o município está região Sudeste.
CO	Dummy: igual a 1 se está na região Centro-Oeste, 0 caso contrário	IBGE	A variável dummy que serve de controle é aquela que indica se o município está região Sudeste.
SUL	Dummy: igual a 1 se está na região Sul, 0 caso contrário	IBGE	A variável dummy que serve de controle é aquela que indica se o município está região Sudeste.
POP	População total estimada (em milhões)	IBGE	
RPC	Renda per capita anual em 2000	IPEADData	Razão entre o somatório da renda per capita de todos os indivíduos e o número total desses indivíduos. A renda per capita de cada indivíduo é definida como a razão entre a soma da renda de todos os membros da família e o número de membros da mesma.
POBRE	Parcela pobre da população em 2000	IPEADData	Corresponde à parcela da população com renda domiciliar per capita inferior a R\$75,50, equivalentes a 1/2 do salário mínimo vigente em agosto de 2000. O universo de indivíduos é limitado àqueles que vivem em domicílios particulares permanentes.
PIBIND	Grau de industrialização: razão entre o PIB do setor industrial e o PIB total em 2003	IPEADData	Incluem-se no PIB Industrial, a custo de fatores, Indústrias de Transformação, Extrativa Mineral, da Construção Civil e dos Serviços Industriais de Utilidade Pública. As estimativas do PIB das atividades em nível municipal são consistentes com aquelas em nível estadual, portanto não são consistentes em nível nacional. O problema se deve à não exclusão da "dummy" financeira (valor adicionado imputável a essa atividade) em cada atividade em nível estadual.
PIBSERV	Participação do setor terciário no PIB: razão entre o PIB do setor de serviços e o PIB total em 2003	IPEADData	Incluem-se no PIB de Serviços, a custo de fatores, os setores do Comércio, do Transporte e Comunicação, das Instituições Financeiras, das Administrações Públicas, dos Aluguéis e dos Outros Serviços. As estimativas do PIB das atividades em nível municipal são consistentes com aquelas em nível estadual, portanto não são consistentes em nível nacional. O problema se deve à não exclusão da "dummy" financeira (valor adicionado imputável a essa atividade) em cada atividade em nível estadual.
METRO	Dummy: igual a 1 se o município pertence a uma região região metropolitana, 0 caso contrário	PNUD ^d	
URB	Grau de urbanização: razão entre a população urbana e a população total em 2000 (%)	IPEADData	
INST	Ano de instalação do município	IBGE	
IMOBINF	Dummy: igual a 1 se possui cadastro imobiliário informatizado, 0 caso contrário	IBGE	
TERR	Dummy com interação: igual à razão entre as unidades territoriais e o total de unidades no cadastro do IPTU se possui cadastro imobiliário, 0 caso contrário	IBGE	
SERVINF	Dummy: igual a 1 se possui cadastro informatizado de prestadores de serviço, 0 caso contrário	IBGE	
EMP	Dummy com interação: igual à razão entre as empresas e o total de contribuintes no cadastro do ISSQN se possui cadastro de prestadores de serviço, 0 caso contrário	IBGE	
IPTUISS	Representatividade das receitas do IPTU e do ISSQN na receita tributária: razão entre a soma das receitas de IPTU e ISSQN e o total das receitas tributárias	STN ^e	Receita tributária: soma de impostos (IPTU, IRRF, ITBI e ISSQN), taxas e contribuições de melhoria
TRANSF	Participação das transferências não vinculadas na receita total: razão entre soma das transferências correntes e de capital não vinculadas e a receita total	STN	As transferências não vinculadas mais significativas são a cota-parte do Fundo de Participação dos Municípios (FPM), transferência financeira da Lei Complementar nº 87/1996 (Lei Kandir), cota-parte do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS), cota-parte do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), cota-parte do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) sobre a exportação; Receita total: receita orçamentária deduzida da receita com operações de crédito.
PESSOAL	Comprometimento da receita total com despesa corrente com pessoal e encargos sociais anterior ao exercício de 2001: média da razão entre despesa corrente com pessoal e encargos sociais e a receita total em 1998, 1999 e 2000.	STN	Receita total: receita orçamentária deduzida da receita com operações de crédito.

^a A não ser quando explicitamente indicado, os dados referem-se ao ano de 2004, os montantes são medidos em unidades e todos os valores monetários estão expressos em milhares de reais de 2004 (quando necessário, as séries monetárias foram corrigidas com a utilização do deflator implícito do PIB nacional); ^b Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, "Perfil dos Municípios Brasileiros, Gestão 2004"; ^c Banco de dados *online* do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; ^d Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; ^e Secretaria do Tesouro Nacional, "Finanças do Brasil (FINBRA), dados contábeis dos Municípios 2004".

Tabela A7. Estatísticas descritivas das amostras de variáveis utilizadas na equação de regressão^a

Variáveis	Média	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Mínimo	Máximo
LEFIC	-0,717	-0,715	0,000	0,292	-0,124	0,174	-2,567	0,000
NO	0,047	0,000	0,000	0,211	4,289	16,405	0,000	1,000
NE	0,258	0,000	0,000	0,437	1,109	-0,770	0,000	1,000
CO	0,083	0,000	0,000	0,276	3,025	7,155	0,000	1,000
SUL	0,267	0,000	0,000	0,443	1,051	-0,895	0,000	1,000
POP	0,031	0,012	0,003	0,088	11,920	222,228	0,001	2,333
RPC	3,348	3,286	6,326	1,656	0,808	1,850	0,610	16,867
POBRE	0,412	0,367	0,530	0,217	0,333	-1,148	0,037	0,919
PIBIND	0,201	0,141		0,174	1,391	1,587	0,003	0,969
PIBSERV	0,456	0,447		0,180	0,151	-1,016	0,023	0,974
METRO	0,086	0,000	0,000	0,280	2,960	6,768	0,000	1,000
URB	0,619	0,640	1,000	0,233	-0,285	-0,887	0,000	1,000
INST	1,960	1,959	1,939	21,071	0,440	-0,883	1,900	1,997
IMOBINF	0,901	1,000	1,000	0,298	-2,692	5,251	0,000	1,000
TERR	0,283	0,255	0,000	0,172	0,738	0,363	0,000	0,953
SERVINF	0,731	1,000	1,000	0,443	-1,043	-0,914	0,000	1,000
EMP	0,453	0,465	0,000	0,311	0,030	-1,082	0,000	1,000
IPTUISS	0,482	0,474	0,286	0,195	0,088	-0,649	0,009	1,000
TRANSF	0,595	0,599		0,132	-0,180	-0,136	0,000	1,000
PESSOAL	0,393	0,391	0,390	0,087	0,236	1,138	0,020	0,814

^a Valores referentes a uma amostra comum de 3.242 observações.

Tabela A8: Matriz de correlação das amostras de variáveis utilizadas na equação de regressão^a

Variáveis	LEFIC	NO	NE	CO	SUL	POP	RPC	POBRE	PIBIND	PIBSERV	METRO	URB	INST	IMOBINF	TERR	SERVINF	EMP	IPTUISS	TRANSF	PESSOAL	
LEFIC	1,00																				
NO	-0,12	1,00																			
NE	-0,33	-0,13	1,00																		
CO	0,16	-0,07	-0,18	1,00																	
SUL	0,08	-0,13	-0,36	-0,18	1,00																
POP	0,29	0,03	0,03	-0,02	-0,08	1,00															
RPC	0,60	-0,13	-0,61	0,10	0,29	0,24	1,00														
POBRE	-0,55	0,17	0,72	-0,10	-0,36	-0,13	-0,90	1,00													
PIBIND	0,38	-0,07	-0,09	-0,08	0,00	0,26	0,37	-0,34	1,00												
PIBSERV	-0,16	0,09	0,45	-0,17	-0,48	0,06	-0,40	0,51	-0,24	1,00											
METRO	0,26	-0,05	-0,06	-0,07	0,11	0,28	0,18	-0,19	0,35	-0,04	1,00										
URB	0,58	-0,09	-0,23	0,11	-0,15	0,31	0,52	-0,50	0,47	-0,02	0,24	1,00									
INST	-0,34	0,12	-0,09	0,08	0,21	-0,21	-0,19	0,12	-0,25	-0,18	-0,05	-0,42	1,00								
IMOBINF	0,30	-0,13	-0,26	0,04	0,16	0,08	0,32	-0,36	0,16	-0,23	0,08	0,24	-0,13	1,00							
TERR	0,34	0,00	-0,27	0,12	0,16	-0,01	0,24	-0,27	0,12	-0,24	0,15	0,04	0,11	0,16	1,00						
SERVINF	0,37	-0,07	-0,32	0,04	0,18	0,14	0,44	-0,46	0,24	-0,25	0,11	0,29	-0,14	0,40	0,16	1,00					
EMP	0,25	-0,03	-0,25	0,09	0,22	0,09	0,29	-0,31	0,14	-0,23	0,10	0,18	-0,04	0,15	0,15	0,38	1,00				
IPTUISS	0,26	0,04	-0,04	-0,14	0,01	0,26	0,36	-0,29	0,45	-0,05	0,25	0,36	-0,25	0,17	0,13	0,27	0,14	1,00			
TRANSF	-0,34	-0,12	-0,25	0,03	0,15	-0,33	-0,05	-0,12	-0,18	-0,33	-0,14	-0,23	0,29	-0,02	-0,01	-0,08	-0,04	-0,30	1,00		
PESSOAL	0,10	-0,01	-0,13	-0,07	0,10	0,03	0,18	-0,21	0,14	-0,09	0,10	0,19	-0,12	0,11	0,03	0,16	0,08	0,18	-0,05	1,00	

^a Valores referentes a uma amostra comum de 3.242 observações.

8. ANEXOS - Figuras

