

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

FLÁVIO SOBRAL MARTINS E ROCHA

INDICADORES DE SANEAMENTO BÁSICO APÓS OS INVESTIMENTOS DO PAC

Brasília

2014

FLÁVIO SOBRAL MARTINS E ROCHA

INDICADORES DE SANEAMENTO BÁSICO APÓS OS INVESTIMENTOS DO PAC

Dissertação apresentada ao Departamento de
Economia da Universidade de Brasília para
obtenção do título de Mestre em Economia

Área de concentração: Economia do Setor
Público

Orientador: Prof. Dr. Rafael Terra de Menezes

Brasília

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília.

Rocha, Flávio Sobral Martins e.

Cxxxx Título / Flávio Sobral Martins e Rocha. 2014.

Xx f: il.; xx cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Departamento de Economia, Programa de Mestrado Profissional em Economia do Setor Público, 2014.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Terra de Menezes.

1. Xxx. 2. Xxx. 3. Xxx.

CDU xxx(xx)

ROCHA, F. S. M. INDICADORES DE SANEAMENTO BÁSICO APÓS OS INVESTIMENTOS DO PAC. Dissertação apresentada ao Departamento de Economia, da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, da Universidade de Brasília para obtenção do título de Mestre em Economia do Setor Público.

Aprovado em 18 de julho de 2014.

Prof. Dr. Rafael Terra de Menezes
Departamento de Economia da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Torres
Departamento de Economia da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Rogério Boueri Miranda
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Brasília

2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todas as oportunidades e pelo acolhimento dos inúmeros pedidos.

Agradeço a minha esposa Elaine, pelo amor e compreensão, e a todos os meus familiares.

Agradeço ao Professor Rafael Terra, pela dedicação e apoio fundamentais ao desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ainda ao Tribunal de Contas da União pelo apoio ao desenvolvimento de seus servidores.

RESUMO

ROCHA, F. S. M. Indicadores de Saneamento Básico após os Investimentos do PAC. Dissertação (Mestrado). Departamento de Economia, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

Esta pesquisa tem como um dos propósitos avaliar a efetividade dos gastos federal, estadual e municipal em saneamento. Interessa também avaliar a eficiência antes e após o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), bem como mensurar a ineficiência técnica das unidades federativas (estados) quanto à aplicação dos investimentos. Por meio de uma análise descritiva entre os períodos 2003-2006 e 2008-2011, são avaliados indicadores relativos aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, comparando os valores apresentados em cada período. Com o objetivo de avaliar a ineficiência técnica das unidades em vista dos investimentos no setor, foi proposta a utilização de um indicador sintético de qualidade do saneamento, definido com base na média geométrica entre os percentuais de domicílios com rede geral de abastecimento de água e o percentual daqueles com rede coletora de esgoto, percentual de esgoto tratado em relação ao coletado, e ainda o percentual do aproveitamento da água na rede distribuição. A medida dessa ineficiência técnica foi realizada por intermédio da metodologia de análise de fronteiras estocásticas, de acordo com o proposto por Lee e Schimdt (1993). Os resultados mostraram que as unidades federativas com melhores indicadores de saneamento em 2003 tendem a permanecer nessa condição e que a ineficiência técnica dos estados apresentava-se superior no período de 2007 em diante, correspondente ao do PAC, período em que houve maior aporte de recursos financeiros. Também foi possível demonstrar que estados com municípios com melhores indicadores de gestão tendem a apresentar menores índices de ineficiência técnica e, portanto lidam de forma melhor com a escassez de recursos.

Palavras-chave: Saneamento; avaliação de políticas públicas; Programa de Aceleração do Crescimento (PAC); fronteiras estocásticas.

ABSTRACT

ROCHA, F. S. M. Sanitation Indicators after PAC Investments. Essay (Masters). Department of Economics, School of Economics, Administration and Accounting, University of Brasilia, Brasilia, 2014.

One of the purposes of this work is to evaluate the effectiveness of federal, state and municipal spending on sanitation and drinking water supply. It also intends to evaluate efficiency before and after the launch of the Growth Acceleration Program (PAC), as well as measuring the inefficiency of the federal units (states) as the implementation of investments. Through a descriptive analysis between the periods 2003-2006 and 2008-2011, water supply and sewage indicators are evaluated by comparing the values presented in each period. In order to evaluate the technical efficiency, it has been used a synthetic indicator, based on the geometric mean between the percentage of households with access to water and the percentage of those with sewage disposal system, and also between the percentage of treated sewage in relation to the total collected and the percentage of water waste. The measure of this inefficiency was accomplished by using the methodology of analysis of stochastic frontiers. The results showed that the federal units with better sanitation indicators in 2003 are likely to remain in that condition and the technical inefficiency was superior from 2007 onwards, corresponding to the PAC, when there were greater financial resources. It was also possible to demonstrate that states with cities with better management indicators tend to have lower levels of inefficiency and, therefore, they deal the lack of resources better.

Keywords: Sanitation; public policy assessment; Growth Acceleration Program (PAC); stochastic frontier.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 10 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 2.1 AVALIAÇÃO DE POLÍTICA PÚBLICA DE SANEAMENTO..... | 13 |
| 2.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA | 14 |
| 3. METODOLOGIA | 16 |
| 3.1 FRONTEIRA DE PRODUÇÃO ESTOCÁSTICA | 16 |
| 3.2 UNIDADES DE PRODUÇÃO | 17 |
| 3.3 PRODUTOS | 19 |
| 3.4 INSUMOS | 24 |
| 3.5 TERMOS DE INEFICIÊNCIA | 29 |
| 4. DADOS AVALIADOS | 33 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 37 |
| 5.1 ESTIMAÇÃO DA FRONTEIRA..... | 37 |
| 5.2 EXPLICAÇÃO DA INEFICIÊNCIA..... | 41 |
| 6. CONCLUSÃO | 43 |
| REFERÊNCIAS | 46 |

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Percentual de domicílios com rede geral de abastecimento de água | 20 |
| Gráfico 2. Quantitativo de domicílios com rede coletora de esgoto | 21 |
| Gráfico 3. Percentual de volume de esgoto tratado | 22 |
| Gráfico 4. Percentual de aproveitamento da água na distribuição | 23 |
| Gráfico 5. Desembolsos federais em abastecimento de água e esgotamento sanitário | 26 |
| Gráfico 6. Despesas empenhadas com saneamento dos estados e municípios | 26 |
| Tabela 1. Insumos, produto, descrição e fonte de dados | 27 |
| Tabela 2. Estatísticas descritivas de insumos e produto | 28 |
| Tabela 3. Descrição e fonte de dados usados para explicar a ineficiência | 31 |
| Tabela 4. Estatísticas descritivas das variáveis que explicam o termo de ineficiência uit | 32 |
| Tabela 5. Efeito dos investimentos defasados sobre o indicador de saneamento sem controles adicionais de escolaridade e população | 37 |
| Tabela 6. Efeito dos investimentos defasados sobre o indicador de saneamento com controles adicionais de escolaridade e população | 38 |
| Tabela 7. Ranking da ineficiência por unidade federativa | 39 |
| Tabela 8. Efeito das variáveis explicativas sobre a ineficiência | 41 |
| Tabela A1. Percentual de domicílios com rede de abastecimento de água | 50 |
| Tabela A2. Volume de água produzido | 51 |
| Tabela A3. Percentual de aproveitamento da água produzida | 52 |
| Tabela A4. Percentual de domicílios com rede coletora de esgoto | 53 |
| Tabela A5. Volume de esgoto coletado e tratado | 54 |
| Tabela A6. Indicador de saneamento | 55 |
| Tabela A.7. Estimação da ineficiência técnica | 56 |
| Tabela A.8. Explicação da ineficiência técnica | 57 |

1. INTRODUÇÃO

Ao se abordar a temática de saneamento básico, geralmente se discorre sobre os problemas relacionados com saúde pública. A almejada universalização dos serviços de água tratada e esgotamento sanitário trariam como consequência a redução da mortalidade infantil e das internações hospitalares, conduzindo à maior qualidade de vida da população. De fato, Teixeira (2011) observou correlação entre a qualidade da água e o número de internações hospitalares, e Palialol (2014) analisou os resultados da provisão de serviços de saneamento básico nos índices de mortalidade e morbidade de crianças.

A ausência de saneamento básico adequado não se reflete apenas na saúde, uma vez que também resulta em diminuição da produtividade do trabalhador e absenteísmo escolar. O esgotamento sanitário impróprio prejudica não só a saúde de um indivíduo, mas a toda a sociedade ao afetar o desempenho dos trabalhadores, que necessitam se ausentar de suas funções profissionais. De forma semelhante, alunos com saúde comprometida, devido às infecções provocadas pela ausência de saneamento, precisam se afastar das atividades escolares, prejudicando seu aprendizado.

Condições inadequadas de saneamento básico também resultam em externalidades negativas sobre o meio ambiente. De acordo com o atlas de saneamento básico publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 2011, 30,5% do total dos municípios lançam esgoto não tratado em rios, lagos ou lagoas, e utilizam estes mesmos corpos receptores para abastecimento de água, recreação, irrigação e aquicultura. Dentre estes municípios, 23% lançam o esgoto não tratado nos corpos hídricos e os utilizam, a jusante, para irrigação, e 16% os usam para abastecimento humano.

Hutton et. al. (2012) avaliaram os custos e benefícios de intervenções em abastecimento de água potável e em esgotamento sanitário de 136 países. Dentre os benefícios, o trabalho lista a redução da mortalidade e dos gastos com tratamento de saúde, e o aumento da produtividade. Para o Brasil, o aludido estudo indica que seriam necessários 9,3 bilhões de dólares (2010) em investimentos em infraestrutura de esgotamento sanitário para se alcançar a universalização desses serviços. Já para a universalização do abastecimento de água potável, a pesquisa descreveu serem necessários 6,9 bilhões de dólares.

Investimentos no setor de saneamento básico também podem resultar em efeitos relevantes para a economia como um todo. Hiratuka et al. (2009) estimam que para cada R\$ 1 bilhão de investimentos no setor há aumento de R\$ 1,7 bilhão no valor da produção da economia, expansão de R\$ 245 milhões da massa salarial e geração de 42 mil novos empregos diretos e indiretos em toda cadeia produtiva.

Com o lançamento da primeira fase do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em 2007 foram previstos cerca de R\$ 40 bilhões em investimentos no setor de saneamento básico para serem investidos até 2010. Nesse mesmo ano, foi aprovada a Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabeleceu novas diretrizes e regras que visam garantir segurança jurídica para o setor, viabilizar a expansão das redes de água e esgoto, incentivar a eficiência das empresas prestadoras e reduzir efeitos negativos na saúde pública.

Apesar da disponibilidade de recursos e do novo ambiente regulatório, verificou-se a incapacidade generalizada de se realizar as obras de infraestrutura necessárias à universalização dos serviços de saneamento. Dentre as diversas causas dos entraves destacam-se a deficiência de projetos de engenharia, os atrasos na aprovação de licenciamentos ambientais, e a morosidade na execução dos empreendimentos.

Não obstante os problemas na execução das obras durante o período de 2007-2010, para a segunda fase do PAC (2011-2014) foram previstos investimentos de R\$ 45,1 bilhões, sendo R\$ 24 bilhões em abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Impende mencionar sobre o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), lançado pelo governo federal em dezembro de 2013. O documento apresenta um panorama geral do saneamento básico no Brasil, composta pelos estudos dos déficits, dos programas e ações federais, dos investimentos realizados pelo governo federal e pela avaliação político institucional do setor.

Com dados de 2010, o plano informa que, em relação ao abastecimento de água, 59,4% da população brasileira possui atendimento adequado, 33,9% é atendida de forma precária e, para 6,8%, o atendimento é inexistente. A situação é pior para o esgotamento sanitário, em que apenas 39,7% da população dispõe de atendimento adequado, para 50,7% o esgotamento sanitário é precário e 9,6% sequer possui atendimento.

O Plansab descreve que os recursos orçamentários comprometidos contabilizaram R\$ 41,5 bilhões entre 2003 e 2011, cerca de 0,13% do PIB nesse período. Os desembolsos passaram de R\$ 1,07 bilhões em 2003 para R\$ 3,99 bilhões em 2011.

O documento também apresenta metas de curto (2018), médio (2023) e longo prazo (2033) para 23 indicadores de saneamento, que incluem abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas e ainda a gestão dos serviços de saneamento básico. Para o cumprimento das metas previstas até 2033, o Plansab indica a necessidade de R\$ 122 bilhões para abastecimento de água e de R\$ 182 bilhões para esgotamento sanitário.

Ainda que de forma isolada, a sociedade tem se mobilizado para o acompanhamento do assunto. Dentre as organizações que se debruçam em avaliar a situação do saneamento, destaca-se o Instituto Trata Brasil, sociedade civil de interesse público que tem como objetivo coordenar uma ampla mobilização nacional para que o país possa atingir a universalização do acesso à coleta e ao tratamento de esgoto.

Nesse contexto, muitos trabalhos foram realizados com o objetivo de avaliar a eficiência técnica dos prestadores de serviço de saneamento. Nesta pesquisa, entretanto, optou-se por analisar, em um primeiro estágio, as ineficiências das atividades produtivas com enfoque na origem do recurso financeiro, que pode ser de procedência federal, estadual, municipal. Essa avaliação é feita por intermédio de análise de fronteiras estocásticas. Em um segundo estágio, por meio de regressão linear, estudam-se as ineficiências técnicas das atividades produtivas e seu relacionamento com variáveis históricas, geográficas e institucionais.

Desse modo, o presente trabalho tem como propósito avaliar a efetividade dos gastos federal, estadual e municipal em saneamento. Interessa também avaliar a eficiência antes e após o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), bem como mensurar a ineficiência técnica das unidades federativas (estados) quanto à aplicação dos investimentos. Ademais, pretende-se estudar o comportamento dessa ineficiência técnica em relação à condição inicial da unidade federativa, em termos de seus indicadores, e à existência de arcabouço normativo que prescreva regras de ocupação, tais como existência de plano diretor, código de obras e de posturas, dos municípios que compõem os estados. Nesse sentido, será possível verificar se a eficiência técnica está relacionada com o grau de desenvolvimento institucional das unidades federativas avaliadas.

Este trabalho foi estruturado em seis capítulos, em que esta introdução corresponde ao primeiro deles. No capítulo seguinte, são citadas as pesquisas e trabalhos mais recentes acerca do tema, notadamente quanto ao problema de avaliação da eficiência. No terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia utilizada para a realização desta pesquisa. No quarto capítulo, é feita uma análise descritiva acerca dos dados avaliados. No quinto capítulo, são mostrados os resultados alcançados com as avaliações realizadas. Finalmente, no sexto capítulo, são apresentadas as conclusões a respeito do objeto desta pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AVALIAÇÃO DE POLÍTICA PÚBLICA DE SANEAMENTO

Turolla (2002) avaliou as políticas públicas brasileiras no setor de saneamento, por meio de análise histórica dos principais programas governamentais. Concluiu que a ausência de regulação específica era o principal problema a ser atacado, por meio da aprovação de uma política nacional de saneamento.

Além disso, o autor sugeriu a criação de fundos de universalização em cada área de concessão de serviços de saneamento, de forma a arrecadar recursos a serem aplicados na implantação de infraestrutura, especialmente em áreas mais pobres ou menos favorecidas conforme metas definidas pelo regulador local. A utilização de recursos públicos deveria ser direcionada para regiões em que esse fundo fosse insuficiente para se alcançar as metas de universalização.

Em extenso e completo estudo sobre saneamento básico no Brasil, Saiani (2007) mostrou que a participação do setor público apresenta “movimento pendular”, ora o governo incentivando a descentralização e participação privada, ora promovendo a centralização da provisão dos serviços e do financiamento dos investimentos, em decorrência principalmente da conjuntura política econômica.

O autor também avaliou o déficit de acesso domiciliar aos serviços de saneamento básico. Por meio de análise descritiva e econométrica, avaliou a correlação do déficit de acesso com variáveis estaduais (localização, PIB per capita), variáveis municipais (tamanho da população, taxa de urbanização, renda municipal) e variáveis domiciliares (localização urbana/rural e renda). Nesse estudo, verificou uma relação positiva entre a proporção de domicílios com acesso aos serviços por rede geral e a população, a taxa de urbanização, a renda dos municípios e a renda dos domicílios. Por meio de um modelo Probit, utilizado para limitar o valor estimado entre 0 e

1, observou que a probabilidade de um domicílio qualquer da amostra analisada possuir abastecimento de água é de 81%. Para o acesso à rede de esgoto, a probabilidade reduz-se para 45%.

Salles (2009) apresentou uma análise pormenorizada da situação da cobertura de saneamento básico no Brasil no período compreendido entre 1991 e 2006. A autora destacou que os investimentos vêm crescendo em termos absolutos e relativos a partir de 1995, mas que não há, por parte das companhias estaduais de saneamento, preocupação com as áreas pobres e com as perdas. A autora afirmou ainda que a política nacional de saneamento pode estar sendo remodelada de forma significativa pelo PAC e sugere avaliação futura dessa política pública.

Saiani (2010) observou que a proporção de domicílios com acesso simultâneo aos dois serviços apresentou tendência de aumento à medida que o porte do município se elevava. Além disso, conclui que “os investimentos realizados no setor, ao longo do tempo, foram motivados mais pela possibilidade de retorno econômico – e por motivações políticas – do que pelo grande retorno social que tais serviços poderiam gerar.”.

Dantas et al. (2012) montaram um panorama sobre a situação do saneamento em cada região do país. Observaram que os maiores investimentos são realizados para adequação do abastecimento de água, atendendo grande parte dos municípios. Quanto ao esgotamento sanitário, assinalaram a necessidade de investimento em coleta de esgoto e sistemas de tratamento.

Conforme exposto, a referida literatura sustenta a necessidade de avaliação da política pública de saneamento, em razão do local de aplicação dos recursos ou do objetivo, entendido como a melhoria do sistema de abastecimento de água e do esgotamento sanitário. Além disso, a recente mudança na regulamentação e o grande volume de recursos alocados no setor indicam a tempestividade do estudo sobre os gastos realizados.

2.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA

Muitos trabalhos avaliaram a eficiência das companhias de saneamento, aplicando como metodologia a análise de fronteiras estocásticas (SFA) ou a análise envoltória de dados (DEA). Ohira e Scazufca (2009) relacionam os principais estudos realizados com essa temática.

Tupper e Rezende (2004) usaram a análise envoltória de dados para avaliar a eficiência de 27 companhias de saneamento estaduais no período de 1996 a 2000. Para a análise da eficiência, utilizaram como insumos os custos relativos ao trabalho e os relacionados com as operações.

Como produto, consideraram os volumes de água produzidos, de esgoto tratados e população atendida com água e tratamento de esgoto. Os autores verificaram que determinados prestadores de serviço operavam distantes da fronteira, o que poderia motivar a introdução de mecanismos regulatórios de introdução de eficiência.

Por intermédio da metodologia de fronteiras estocásticas aplicada na função custo, Ohira e Shirota (2005) utilizaram como produtos a quantidade de ligações ativas de água e de esgoto e a extensão da rede de esgoto. Como parâmetro de preço de fatores, os autores utilizaram salário de pessoal próprio e preços de serviços de terceiros. Os resultados obtidos mostram algum espaço para aperfeiçoamento das empresas do setor de saneamento básico no estado de São Paulo, seja pela redução de custo, mantendo a qualidade e o volume dos serviços, ou pela expansão desses com o mesmo patamar de custos.

Sato (2011) calculou a eficiência de 26 empresas sediadas em capitais de estados brasileiros das empresas do setor e concluiu que a falta de investimento no setor e em infraestrutura impossibilita a universalização dos serviços de saneamento básico. Nesse trabalho, o autor utilizou como produto os volumes de água e esgoto tratados e as quantidades de ligações ativas de água e esgoto. Como insumo, foram utilizadas a receita operacional e as despesas com pessoal.

Oliveira et al. (2012) investigaram a associação entre eficiência técnica das companhias de coleta e tratamento de esgoto das regiões Norte e Nordeste. No aludido estudo, foram adotados como insumos a extensão da rede de esgoto por ligações, o volume de esgoto coletado e um índice de produtividade dado pela razão entre a quantidade de economias ativas (o número de domicílios atendidos) e o número total de empregados. Como produto, foi utilizado o volume de esgoto tratado. Os autores concluíram que as firmas com menores escores de eficiência técnica concentravam-se em estados deficitários em serviços de esgotamento sanitário, como Rondônia, Pará, Maranhão e Amazonas.

Scaratti et al. (2013) analisaram a eficiência da gestão dos serviços municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário por meio da abordagem *Data Envelopment Analysis* (DEA). Nesse estudo foram avaliados indicadores de desempenho relacionados com: i) clientes (consumo, índice de perdas, índice de esgoto tratado); ii) mercado (índices de atendimento, coleta e de produtividade); iii) conformidade dos produtos (índice de tratamento, de perdas,

análise de turbidez, análise de coliformes); e iv) econômico-financeiros (despesa total, margem da despesa com pessoal, participação da receita operacional sobre a total).

Os trabalhos destacados mostram que a análise da eficiência produtiva de serviços de saneamento não é novidade. Neste estudo, entretanto, optou-se por analisar as ineficiências das atividades produtivas com enfoque na origem do investimento, que pode ser de procedência federal, estadual, municipal, ou do próprio prestador de serviço. Em vez de analisar a eficiência dos prestadores de serviço, como usualmente é feito, pretende-se avaliar a ineficiência das unidades federativas na aplicação dos recursos em saneamento.

3. METODOLOGIA

3.1 FRONTEIRA DE PRODUÇÃO ESTOCÁSTICA

A análise da eficiência usada neste trabalho baseia-se na fronteira de produção estocástica e teve origem com os estudos de Aigner, Lovell, e Schmidt (1977) e ainda Meeusen e van den Broeck (1977) que pressupõem que o conceito de que um produtor qualquer enfrenta uma fronteira particular de produção, aleatoriamente determinada por elementos estocásticos que podem estar fora do controle desse produtor.

Considere y_{it} o produto, x_{it} o conjunto de insumos, β o conjunto de parâmetros aplicáveis aos insumos, o subscrito i denota as unidades produtoras e o subscrito t denota o tempo. Em geral, a função de produção é descrita da seguinte forma:

$$y_{it} = f(x_{it}; \beta) \cdot \exp(v_{it} - u_{it}) \quad (3.1)$$

Em que $u_{it} \geq 0$ e v_{it} é ilimitado.

O componente u_{it} representa o termo de ineficiência da unidade de produção e, embora assimetricamente distribuído, a estimação por máxima verossimilhança é geralmente direta. Conforme o modelo, o termo de ineficiência pode ter distribuição *half-normal*, *truncated-normal* ou ainda exponencial. O componente v_{it} é o termo aleatório, também chamado de ruído estatístico. A função $f(\cdot)$ é a tecnologia de produção, a qual pode ser do tipo Cobb-Douglas, Translogarítmica, CES (*constant elasticity of substitution*), entre muitas outras.

Neste trabalho, considera-se o modelo de Lee e Schimdt (1993) que define $u_{it} = g(t) u_i$, em que $g(t)$ é representada por variáveis *dummy* de tempo e u_i representa o efeito fixo associado à ineficiência. A estimação é feita por mínimos quadrados iterativos desenvolvida em Lee (1991, cap. 2) e delineada no apêndice deste trabalho. Assume-se que o erro aleatório v_{it} é independente e identicamente distribuído, com média zero e variância σ^2_v .

Além disso, este trabalho supõe que a função de produção assume a forma *translog* (*transcendental logarithmic*) descrita a seguir:

$$\ln y = \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_{kit} + \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{k,l} x_{kit} x_{lit} + v_{it} - u_{it} \quad (3.2)$$

Essa forma de função de produção é útil por contemplar tanto termos quadráticos quanto de interação entre os inputs.

3.2 UNIDADES DE PRODUÇÃO

O escopo desta pesquisa compreende a avaliação dos resultados sob a ótica da eficiência técnica, definida como a razão entre o que foi efetivamente produzido e o que poderia ser obtido a partir de determinada quantidade de insumos. Neste ponto surge a necessidade de definição de quem realiza a produção, ou seja, quem responde pela efetivação do produto determinado como saneamento.

A Constituição Brasileira estabelece em seu art. 23, inciso IX, que a promoção de programas de construção de saneamento básico é competência comum da União, dos estados, do Distrito Federal e também dos municípios. Desse modo, todos os entes federativos são responsáveis pelas melhorias ou ampliação de instalações de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Conforme descrito na revisão bibliográfica, diversos trabalhos elegeram avaliar a eficiência técnica desses prestadores de serviço. Neste estudo, entretanto, optou-se por analisar as ineficiências das atividades produtivas com enfoque na origem do recurso, que pode ser de procedência federal, estadual, municipal, ou do próprio prestador de serviço.

Considerando a extensa quantidade de municípios, seria natural selecioná-los como unidades de produção. Ocorre que não há informação disponível sobre os investimentos federais e estaduais

em saneamento básico para cada município. Embora a Lei Orçamentária Anual (LOA) estabeleça programas de trabalho específicos para determinado município, também estabelece programas genéricos, que atendem a diversos entes, estaduais ou municipais. Assim, não há como segregar o investimento feito entre os municípios.

No entanto, é possível separar quais os investimentos federais e municipais foram aplicados em cada estado. No caso dos investimentos municipais, basta agregá-los conforme seu estado de origem e, no caso dos gastos federais, os órgãos da Administração Pública Federal dispõem de informações acerca dos investimentos transferidos ou desembolsados para cada estado.

Apesar de haver investimentos federais que foram aplicados a diversos estados, ou seja, com rubricas genéricas como “nacional” ou “sem região definida”, observa-se que esses dispêndios não são significativos. No período de 2003 a 2011, esses gastos variaram de 0,02% a 0,05% dos gastos totais. Em 2012, esse percentual aumentou para 1,53%, principalmente em razão de gastos não onerosos em abastecimento de água na região Nordeste.

Portanto, devido à indisponibilidade de informações detalhadas sobre a origem dos recursos financeiros para cada município, optou-se por definir o ente estadual como unidade de produção a ser avaliada.

Cabe registrar que o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é um banco de dados criado e administrado pelo governo federal, que contém informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro e de qualidade sobre a prestação de serviços de água, de esgotos e de manejo de resíduos sólidos.

O referido sistema apresenta dados fornecidos pelos prestadores de serviços, tais como indicadores de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, e ainda informações sobre recursos estaduais, municipais e dos prestadores de serviços aplicados em investimentos em saneamento básico. Sobre a divisão da origem dos recursos, o Plansab destaca que, no período entre 1995 e 2011, o SNIS revela predominância dos investimentos com recursos próprios dos prestadores dos serviços (50,6%), enquanto os recursos onerosos situam-se em 33,5% e os não onerosos em 15,9%.

Contudo, o plano alerta para a possibilidade de os prestadores de serviços declararem investimentos feitos com recursos dos orçamentos dos estados e dos municípios, e até mesmo dos federais, como sendo próprios. Ademais, o SNIS apresenta informações sobre os recursos

aplicados de estados e municípios disponíveis somente para o ano 2009 em diante. Por essas razões não é possível utilizar as informações sobre recursos aplicados disponíveis nesse sistema.

Observe que assumir o estado como unidade produtiva é razoável quando se leva em conta que a repartição de recursos federais por meio das leis orçamentárias sujeita-se à avaliação do Congresso Nacional, que possui representantes do estado (senadores) e da população em cada estado (deputados). As unidades ou estados que desejarem mais recursos federais para seus projetos ou investimentos deverão também ser hábeis em demonstrar a necessidade desses recursos.

3.3 PRODUTOS

A expressão saneamento básico abrange não só abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, mas também limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem, e ainda manejo das águas pluviais. Nesta pesquisa, será adotada uma abordagem mais concisa, restrita ao abastecimento de água e esgotamento sanitário. Isto porque os bancos de dados existentes dispõem de mais informações históricas sobre esses elementos, enquanto as demais categorias de produtos (limpeza urbana, resíduos sólidos, drenagem e águas pluviais) apresentam informações de períodos mais recentes.

Ademais, como se propõe avaliar a eficiência das unidades em vista dos investimentos e despesas no setor, procurou-se analisar produtos que, de maneira geral, estivessem naturalmente correlacionados com os gastos em saneamento.

Para tanto, propôs-se a utilização de um indicador sintético adimensional capaz de refletir os efeitos dos investimentos públicos em saneamento. Esse indicador é composto pela expressão abaixo, que contém como variáveis ou elementos os seguintes percentuais: i) domicílios abastecidos com rede de água potável (*agua*); ii) domicílios com rede coletora de esgotos (*esgoto*); iii) esgoto tratado (*tratamento*); e iv) aproveitamento da água tratada (*aproveitamento*).

$$\text{indicisaneamento} = \sqrt[4]{(\textit{agua}) \cdot (\textit{esgoto}) \cdot (\textit{tratamento}) \cdot (\textit{aproveitamento})} \cdot 100 \quad (3.3)$$

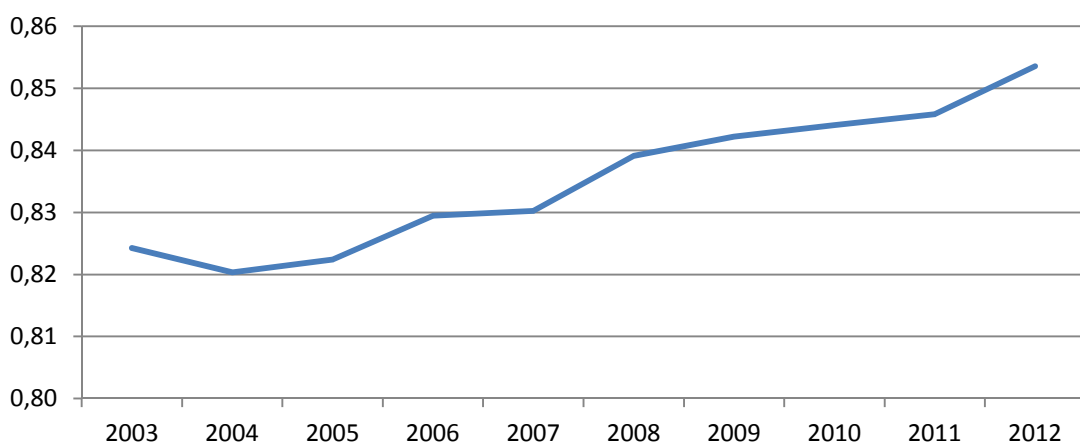
O primeiro elemento do indicador analisado refere-se ao abastecimento de água. Considerou-se neste trabalho a quantidade de domicílios com rede geral de abastecimento de água, com ou sem canalização interna. Os dados foram obtidos da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

(PNAD) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para os anos de 2003 a 2009, 2011 e 2012 (tabela 1955 da PNAD). De acordo com a metodologia descrita no sítio eletrônico do IBGE, as PNAD são pesquisas amostrais realizadas anualmente em todos os estados do país, com exceção das áreas rurais de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá.

Em 2003 havia cerca de 40,9 milhões de domicílios com disponibilidade de acesso à rede geral de água potável, de um total de 49,7 milhões de domicílios. Desses 40,9 milhões, apesar de haver rede geral de água, 1,43 milhões (3,5%) não tinham canalização interna. Em 2012, havia cerca de 53,6 milhões de domicílios com disponibilidade de acesso à rede geral de água potável, de um total de 62,8 milhões de domicílios. Do total de domicílios com rede geral de água potável, 1% ainda não tinha canalização interna.

Apesar de haver informações do censo demográfico de 2010, devido à mudança na metodologia de obtenção dos dados de amostra para censo, o valor do quantitativo de domicílios se tornava inferior ao de 2009, o que alterava de forma significativa a linha de tendência crescente da variável. Por esse motivo, para o ano de 2010, optou-se por utilizar a média do quantitativo de domicílios entre os anos de 2009 e 2011. O gráfico a seguir mostra o comportamento desse indicador entre 2003 e 2012.

Percentual de domicílios com rede geral de abastecimento de água



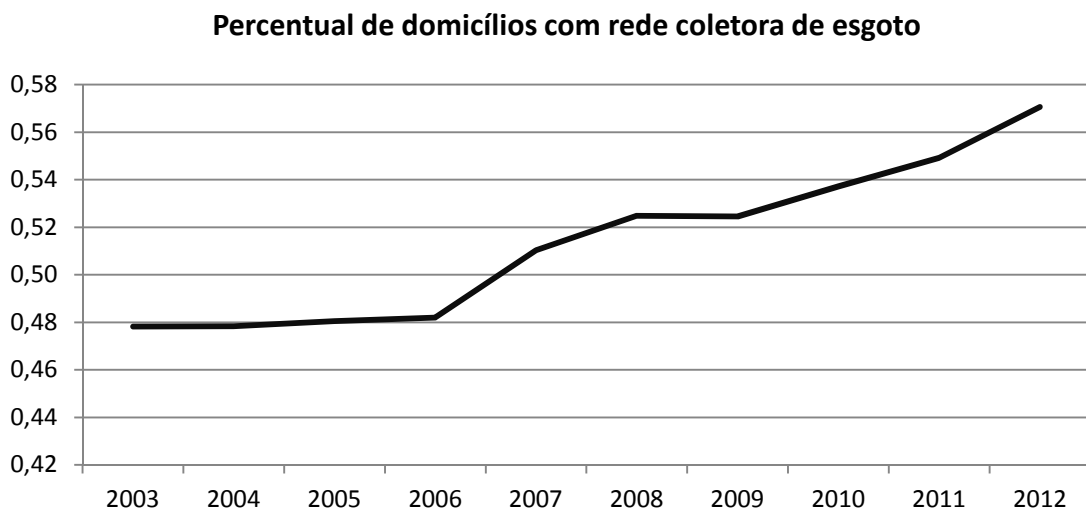
Fonte: IBGE - PNAD

Gráfico 1

O segundo elemento estudado refere-se ao quantitativo de domicílios com rede coletora de esgoto. Do mesmo modo, os dados foram obtidos da PNAD para os anos de 2003 a 2009 e 2011

a 2012 (tabela 1956 da PNAD). Os dados de 2010 foram obtidos a partir da média dos dados de 2009 e 2011.

Em 2003 havia cerca de 23,9 milhões de domicílios que dispunham de rede coletora de esgoto, de um total de 49,7 milhões de domicílios. Em 2012, havia cerca de 35,9 milhões de domicílios com rede coletora de esgoto, de um total de 62,8 milhões de domicílios. O gráfico a seguir mostra o comportamento do percentual de domicílios com rede geral de esgoto.



Fonte: IBGE - PNAD

Gráfico 2

O percentual de volume de esgoto tratado foi estimado pela razão entre o volume de esgoto tratado e o volume de esgoto coletado. Os volumes de esgoto coletado e tratado foram obtidos dos indicadores ES005 e ES006 disponíveis no aplicativo de série histórica do SNIS considerando prestadores de abrangência regional, microrregional e local.

Em relação às informações sobre abastecimento de água e esgotamento sanitário, os dados que compõem o aplicativo de série histórica do SNIS são fornecidos pelas prestadoras dos serviços de água e esgotos, como companhias estaduais, autarquias ou empresas municipais, departamentos municipais e empresas privadas. Durante a execução deste trabalho, o banco de dados dispunha de dados até 2011. Mais recentemente foram divulgados os dados de 2012, mas optou-se por não utilizá-los neste trabalho.

De acordo com o mantenedor do sistema, foram compiladas informações de 4.936 municípios sobre os serviços de água e de 1.943 sobre os serviços de esgotos em 2011, que representam 88,7% e 34,9%, respectivamente, do total de municípios brasileiros. Embora voluntária aos

prestadores de serviços, os programas de investimentos como o PAC exigem o envio regular de dados ao SNIS, como critério de seleção, de hierarquização e de liberação de recursos financeiros.

O gráfico a seguir mostra a evolução do percentual de esgoto tratado no período de 2003 a 2011 para o Brasil.

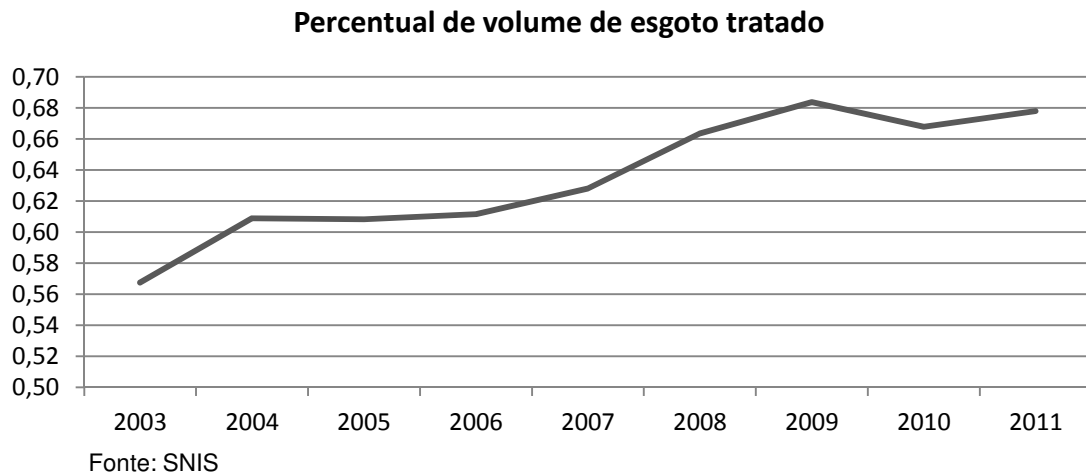


Gráfico 3

O último elemento do indicador refere-se ao aproveitamento da água tratada na distribuição. Esse elemento foi obtido indiretamente a partir de um índice relacionado com as perdas na distribuição de água divulgado no SNIS. Esse índice é mensurado a partir de informações sobre os volumes de água tratada produzida (AG006), consumida (AG010), importada por um prestador de serviço ou município (AG018) e pelo volume de água de serviço (AG024), também divulgados no SNIS.

De acordo com o glossário de indicadores do referido sistema, o índice de perdas na distribuição de cada unidade federativa é dado pela expressão:

$$\text{perdas na distribuição} = \frac{(\text{AG006} + \text{AG018} - \text{AG024}) - \text{AG010}}{\text{AG006} + \text{AG018} - \text{AG024}} \quad (3.4)$$

O volume de água consumida corresponde ao indicador AG010 do SNIS, compreende o volume anual de água consumido por todos os usuários (micromedido ou estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado) e ainda o volume de água tratada que foi

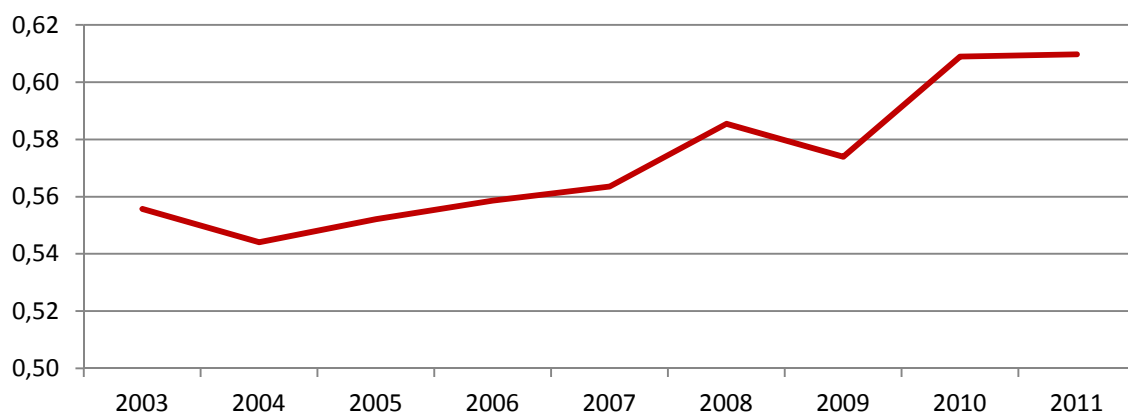
exportada para outro prestador de serviços. O volume de água produzida (AG006) é determinado pelo volume anual de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada pelo prestador de serviços.

O volume de água tratada importado (AG018) corresponde ao volume anual de água potável, previamente tratada, recebido de outros agentes fornecedores. O volume de água de serviço (AG024) compreende a soma dos volumes anuais de água usados para atividades operacionais e especiais, acrescido do volume de água recuperado. Os volumes anuais dos estados compreendem a totalização dos volumes de cada município.

O indicador de aproveitamento da água tratada utilizado neste trabalho é dado então por:

$$\text{aproveitamento} = 1 - \text{perdas na distribuição} \quad (3.5)$$

Percentual de aproveitamento da água na distribuição



Fonte: SNIS

Gráfico 4

Cabe ainda registrar que não fez parte do escopo desta pesquisa a avaliação da capacidade de produção de água potável em cada unidade federativa, razão pela qual se optou por não utilizar, embora possível, o volume de água produzida (em relação ao potencial) no indicador de saneamento.

3.4 INSUMOS

Um dos objetivos deste trabalho é pesquisar a eficiência técnica das unidades federativas quanto ao setor de saneamento frente aos investimentos ou gastos realizados pelos governos federal, estadual e municipal.

Note que o indicador de saneamento proposto abrange produtos relacionados com quantidades de domicílios com acesso à água potável e sistema de esgotamento sanitário, tratamento do esgoto coletado e com a redução das perdas na distribuição da água. A variação ou melhoria desses produtos, por sua vez, decorre essencialmente dos investimentos feitos em saneamento básico. Aumentar o percentual de domicílios com acesso à água potável envolve ampliar, por meio de obras de infraestrutura, a rede de abastecimento de água de um município. Da mesma forma, o aumento da quantidade ou do percentual de domicílios com sistema de esgotamento sanitário é alcançado por intermédio de obras de infraestrutura. A elevação do percentual de esgoto tratado será conseguida por meio de investimentos em estações de tratamento de esgoto. Por fim, a redução nas perdas de distribuição será alcançada ou com a substituição das tubulações ou com uma nova rede distribuição.

Assim, os investimentos em saneamento, essencialmente abastecimento de água e esgotamento sanitário, devem ser considerados como insumos ou inputs da função de produção adotada. Observe que todos os insumos/inputs da função de produção estão inclusos no valor do investimento, isto é, os custos de mão de obra, equipamentos, materiais e de tudo mais necessário para a execução de determinada obra de infraestrutura.

O Plansab descreve as principais fontes de investimento disponíveis para o saneamento básico: i) os recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) e do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), também denominados de recursos onerosos; ii) recursos denominados não onerosos, provenientes da Lei Orçamentária Anual (LOA), também conhecido como Orçamento Geral da União (OGU), e de orçamentos dos estados e municípios; iii) recursos provenientes de empréstimos internacionais, provenientes do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Banco Mundial (BIRD); e iv) recursos próprios dos prestadores de serviços.

Com relação ao histórico dos investimentos oriundos de recursos não onerosos, o plano alerta para a impossibilidade de criação de uma série histórica entre 1996 e 2002 devido à incompatibilidade entre as principais bases de dados disponíveis. No entanto, o documento indica ser possível a elaboração de séries históricas para os investimentos em saneamento a partir

de 2003, sobretudo para os oriundos do OGU, o que permite a avaliação da aplicação do gasto público em saneamento. Quanto aos recursos onerosos, o plano indica que as bases da Caixa e do BNDES possuem informações dos financiamentos no setor de saneamento básico desde 1988 e 1996, respectivamente.

A respeito dos investimentos não onerosos, o plano informa que entre 1996 e 2002, o montante empenhado pela Funasa (1996-2002), pelo Ministério da Integração (2001 e 2002) e pelo Ministério do Meio Ambiente (2001 e 2002) foi de R\$ 12,3 bilhões, o equivalente a 0,07% do PIB do período.

A partir de 2003, adotou-se nova metodologia de contabilização dos investimentos, com a classificação dos gastos em duas categorias: comprometidos e desembolsados. Os valores comprometidos compreendem os valores obtidos dos contratos de empréstimo (recursos onerosos) e os valores dos empenhados (recursos não onerosos). Os desembolsos estão associados às etapas de execução física dos empreendimentos.

Neste trabalho, foram considerados como insumos da função de produção as principais fontes de investimento disponíveis para o saneamento básico, tanto onerosos quanto não onerosos. Esses inputs foram segregados conforme o ente federativo que realizou o investimento (governo federal, estadual, e municipal).

No caso do governo federal, a informações sobre os gastos com saneamento básico foram fornecidas pelo Ministério das Cidades. Foram utilizados como insumos os desembolsos (valores pagos) federais com recursos onerosos e não onerosos para abastecimento de água e esgotamento sanitário feitos a partir de 2003. O gráfico 5 a seguir apresenta os valores deflacionados pelos índices IGP-M referentes a dezembro/2003 dos desembolsos federais.

Desembolsos federais com abastecimento de água e esgotamento sanitário

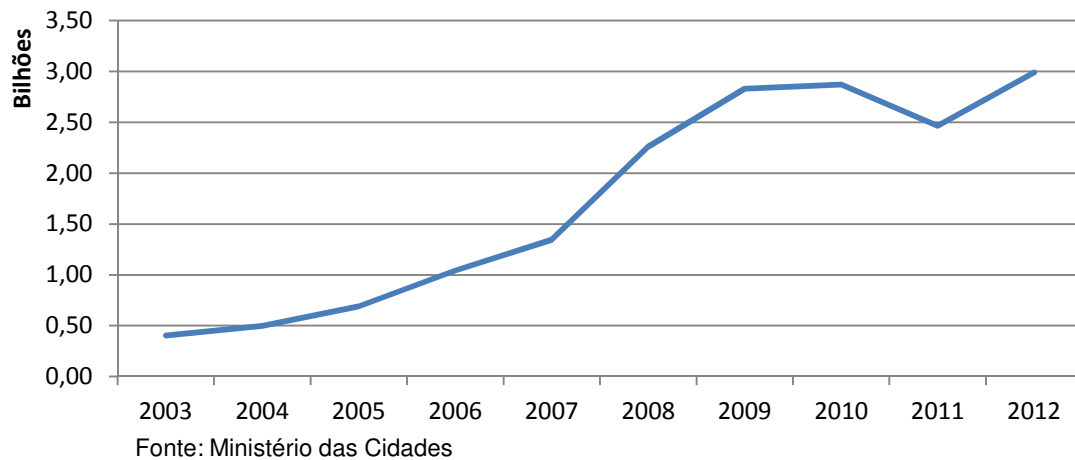


Gráfico 5

Quanto aos insumos de origem estadual e municipal, foi necessário utilizar informações acerca do total das despesas empenhadas com saneamento básico, cujos dados de execução orçamentária foram obtidos junto a Secretaria do Tesouro Nacional (STN). As fontes disponíveis não dispunham da classificação das despesas por tipo de saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário, disposição de resíduos, etc.). Também cabe destacar que foram utilizados os dados sobre despesas empenhadas haja vista que as informações sobre despesas liquidadas e pagas estavam disponíveis apenas para os anos mais recentes. O gráfico seguinte mostra o total das despesas empenhadas com saneamento dos estados e municípios.

Despesas dos estados e municípios com saneamento

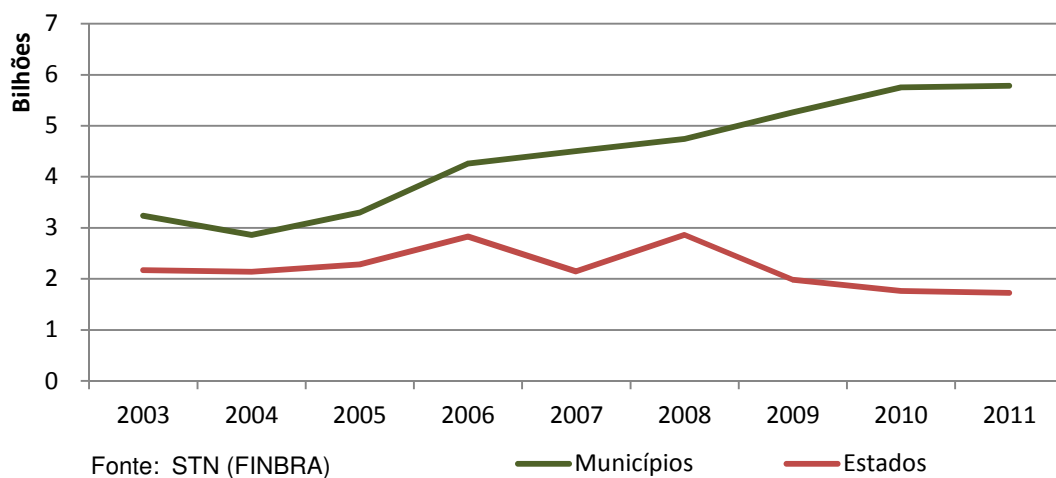


Gráfico 6

A redução das despesas estaduais deve-se em grande parte ao Rio de Janeiro. Em 2008, foram empenhados R\$ 2,23 bilhões em saneamento básico. A partir de 2009, as despesas desse estado nessa rubrica reduziram-se para R\$ 118 milhões. Contudo, não há nota explicativa sobre os motivos dessa diferença.

Vale lembrar que, embora disponíveis, optou-se por não utilizar como insumo os investimentos em saneamento promovidos pelos prestadores de serviço, em razão de o Plansab ter aventado a hipótese de os prestadores de serviços declararem investimentos feitos com recursos dos orçamentos dos estados e dos municípios, e até mesmo dos federais, como sendo próprios.

Impende ressaltar que, na análise da ineficiência, foram utilizadas como variáveis explicativas o log dos gastos federais em abastecimento de água e esgotamento sanitário e as despesas empenhadas estaduais e municipais em saneamento básico. Também foram utilizadas interações entre esses gastos/despesas e termos quadráticos, consoante a forma translog já apresentada. Além disso, cumpre registrar que foi utilizado o valor per capita desses gastos/despesas.

Como variáveis de controle foram usadas a escolaridade média e a população, as quais se supõe que apenas desloquem o intercepto, como uma *proxy* para tecnologia. A escolaridade média indica o grau de desenvolvimento de uma região, onde se espera que pessoas com maior nível de instrução dominem e criem melhores técnicas de provisão de saneamento devido ao maior conhecimento acumulado. Já a variável população capta o maior acesso que os grandes centros têm às melhores práticas tecnológicas. Ademais, o modelo especifica a necessidade de variáveis *dummies* temporais [g(t)].

Neste trabalho, utilizaram-se variáveis definidas em intervalos de tempo de um ano. As tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, as descrições e as estatísticas descritivas das variáveis usadas.

Tabela 1 – Insumos, produto, descrição e fonte de dados

| Variáveis | Descrição | Fonte |
|-------------------------------|---|------------|
| <i>Variável dependente</i> | | |
| indicsaneamento | Indicador de saneamento. Média geométrica dos indicadores de acesso à água e esgoto, percentual de perdas e percentual de tratamento do esgoto. | IBGE/SNIS |
| <i>Variáveis explicativas</i> | | |
| federal | Log do desembolso federal em saneamento per capita | M. Cidades |
| municipal | Log das despesas municipais empenhadas em saneamento per capita consolidadas por estado | STN |
| estadual | Log das despesas estaduais empenhadas em saneamento per capita | STN |

| Variáveis | Descrição | Fonte |
|------------------------------|--|-------|
| <i>Variáveis de controle</i> | | |
| logescolaridade | Log da escolaridade média da população | IBGE |
| logpop_mil | Log da estimativa da população estadual (mil habitantes) | IBGE |

Tabela 2 – Estatísticas descritivas de insumos e produto

| Variáveis | Obs | Média | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo |
|-------------------------------|-----|--------|---------------|--------|--------|
| <i>Variáveis explicada</i> | | | | | |
| indicsaneamento | 240 | 51,329 | 17,473 | 0 | 89,826 |
| <i>Variáveis explicativas</i> | | | | | |
| federal | 270 | 2,124 | 1,399 | -3,876 | 5,120 |
| municipal | 270 | 2,467 | 1,212 | -0,036 | 5,012 |
| estadual | 270 | 1,338 | 2,096 | -6,856 | 5,377 |
| <i>Variáveis de controle</i> | | | | | |
| logescolaridade | 270 | 1,881 | 0,147 | 1,484 | 2,228 |
| logpop_mil | 270 | 8,323 | 1,061 | 5,677 | 10,657 |

A função *translog* pode ser definida para o presente modelo como:

$$\begin{aligned} \text{indicsaneamento} = & \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \text{federal}_{it-1} + \alpha_2 \cdot \text{estadual}_{it-1} + \alpha_3 \cdot \text{municipal}_{it-1} + \alpha_4 \cdot \\ & \text{municipal}_{it-1} \cdot \text{federal}_{it-1} + \alpha_5 \cdot \text{municipal}_{it-1} \cdot \text{estadual}_{it-1} + \alpha_6 \cdot \\ & \text{estadual}_{it-1} \cdot \text{federal}_{it-1} + \alpha_7 \cdot \text{federal}_{it-1}^2 + \alpha_8 \cdot \text{estadual}_{it-1}^2 + \alpha_9 \cdot \text{municipal}_{it-1}^2 + \alpha_{10} \cdot \\ & \text{escolaridade}_{it-1} + \alpha_{11} \cdot \text{população}_{it-1} + v_{it} - u_{it} \quad (3.6) \end{aligned}$$

É razoável supor que o aumento no valor dos gastos federal, estadual e municipal, resultará na elevação do indicador de saneamento, uma vez que o investimento aplicado objetiva melhores condições de saneamento. Quanto às interações, o resultado esperado é ambíguo, uma vez que pode haver complementaridade ou substitutibilidade entre os insumos federal, estadual e municipal. Pela hipótese de retornos decrescentes, espera-se que os termos quadráticos suavizem os efeitos positivos dos insumos sobre o produto.

Frise-se que o modelo considera gastos defasados, de forma que se aproxime mais da lógica econômica, uma vez que se espera que recursos sejam transformados em insumos e insumos em produtos com uma certa defasagem temporal.

3.5 TERMOS DE INEFICIÊNCIA

Para estimar a ineficiência, foi utilizado o comando *sfp* do software STATA/SE 11.2 (STATA CORP, 2009). O resíduo da estimação realizada (u_{it}) revela a ineficiência técnica da unidade federativa. Se o resíduo é zero, a unidade opera na fronteira e, portanto, é a mais eficiente. Por outro lado, o valor máximo do resíduo indica a unidade ou estado menos eficiente.

A simples mensuração da eficiência é importante como primeiro passo, mas é oportuno tentar explicar o que causa essa ineficiência. A hipótese primordial desse trabalho é a de que, além do PAC, que despejou um vultoso montante de recursos no setor de saneamento, fatores institucionais são fundamentais para explicar a ineficiência.

Uma vez estimadas as fronteiras de produção e os termos de ineficiência técnica (resíduos) o próximo passo consiste em explicá-la, o que é feito por meio de regressão linear múltipla. Esse método estatístico é usado para estudar relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes (Greene, 2000). A forma genérica do modelo de regressão é dada por:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + \varepsilon = \beta_0 + x_1\beta_1 + x_2\beta_2 + \dots + x_k\beta_k + \varepsilon \quad (3.7)$$

em que y é a variável dependente ou explicada, x_1, \dots, x_k são as variáveis independentes ou explicativas, ε é o erro aleatório, e $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ são os parâmetros que se desejam estimar.

Considerando $E(x'\varepsilon) = 0$, ou seja, $E(\varepsilon) = 0$ e $\text{Cov}(x_j, \varepsilon) = 0$, para $j = 1, 2, \dots, k$, e o posto $E(x'x) = k$, o estimador de mínimos quadrados ordinários (Wooldridge, 2002) é dado por:

$$\hat{\beta} = \left(N^{-1} \sum_{i=1}^N x'_i x_i \right)^{-1} \left(N^{-1} \sum_{i=1}^N x'_i y_i \right) \quad (3.8)$$

No presente caso, utilizou-se da técnica de amostragem *bootstrap* com 1000 replicações. O erro padrão deve ser corrigido pela variância do componente de ineficiência dos resíduos. Essa estratégia não é a mais eficiente (menor variância). Idealmente, dever-se-ia estimar conjuntamente os parâmetros da fronteira de eficiência e dos parâmetros que explicam o termo de ineficiência. Todavia, essa estratégia de estimação conjunta, conduzida via Máxima Verossimilhança, apresentava problemas de convergência, pois a função verossimilhança apresentava trechos não côncavos. Por isso a estratégia adotada pareceu ser a mais adequada.

Foram utilizadas como variáveis explicativas da ineficiência o indicador de saneamento básico inicial (2003) apresentado pela unidade federativa, uma dummy temporal relativa ao período de 2007 em diante e ainda uma variável institucional denominada índice de governança.

Esse índice de governança (gov), adaptado do trabalho de Mattos et al. (2012), mede a qualidade das práticas governamentais a partir da soma de variáveis binárias que indicam a existência de existência de distritos administrativos das cidades, plano diretor, da Lei de Parcelamento do Solo, da Lei de Zoneamento, do Código de Obras e do Código de Posturas. O valor dessa variável pode ir de zero a seis, conforme as práticas que o município de cada estado apresenta e os valores de cada estado representam a média de seus municípios.

Municípios que dispõem de instrumentos de política urbana que contemplem regras e procedimentos de planejamento organizacional das cidades, de ocupação de seus territórios e também dos espaços internos e construções, evitam o crescimento desordenado das cidades, isto é, evitam que uma determinada área ou região se modifique sem o devido acompanhamento de toda a infraestrutura urbanística necessária, inclusive saneamento básico.

Para impedir esse crescimento desordenado, além das regras citadas, essas cidades ou municípios também devem exercer maior controle ou fiscalização sobre suas áreas. Por sua vez, esse controle “maior”, além de obrigar proprietários ou responsáveis a providenciarem toda a infraestrutura exigida, evita ocupações em áreas impróprias ou inadequadas, em que seriam necessários mais recursos para se alcançar mínimas condições de saneamento básico esperado. Dessa forma, regiões com maior controle sobre o ordenamento territorial seriam mais eficientes, ou seja, lidariam melhor com os recursos disponíveis. Por exemplo, a ocupação de uma área em região que não disponha de manancial de água potável nas proximidades resultará na necessidade de investimentos maiores em adutoras ou em tratamento da água que será consumida.

Como variáveis de controle e institucionais, foram utilizadas diversas variáveis geográficas e socioeconômicas tais como área urbana estadual, renda média per capita, quantidade de municípios em cada estado e variáveis geográficas que identificam o tipo de solo predominante da região, conforme classificação da Embrapa. Também foram utilizadas variáveis históricas como a participação no ciclo da cana ou do ouro consideradas no estudo de Mattos et al. (2012).

No que diz respeito às variáveis históricas referentes às culturas da cana e do ouro, cabe destacar que foram criadas com base em Simonsen (1937), Naritomi et al. (2007) e Mattos et al. (2012).

Essas variáveis foram utilizadas porque representam uma *proxy* das instituições. Os municípios que pertenciam aos estados de Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo e que participaram do ciclo da cana-de-açúcar recebem o valor um para a variável “ch_cana”. O valor atribuído a esses estados é a média dos municípios e zero para os demais estados.

Já a variável “ch_ouro” atribui o valor 1 para alguns municípios da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Espírito Santo, Pará, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Minas Gerais que participaram do ciclo do ouro (Simonsen, 1937). Assim como no caso da variável anterior, o valor atribuído a esses estados é a média das *dummies* por municípios.

A equação a seguir especifica o modelo:

$$u_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{indicsaneamento0}_i + \beta_2 \cdot \text{dumpac}_{it} + \beta_3 \cdot \text{gov}_{it} + \gamma' \cdot X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.8)$$

em que X_{it} representa as variáveis de controle, *dumpac* é a dummy que representa o período do PAC, *gov* é o indicador de governança, e *indicsaneamento0* é o valor do “ponto de partida” dos estados em termos de qualidade do saneamento, isto é, o indicador da unidade em 2003.

A descrição das variáveis utilizadas e respectivas estatísticas constam nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 - Descrição e fonte de dados usados para explicar a ineficiência

| Variável | Descrição | Fonte |
|-------------------------------|--|----------------------|
| <i>Variável dependente</i> | | |
| u_{it} | Ineficiência técnica | |
| <i>Variáveis explicativas</i> | | |
| <i>indicsaneamento0</i> | Indicador de saneamento inicial (2003) | IBGE/SNIS |
| <i>dumpac</i> | Dummy para anos 2007 em diante, período do PAC. | |
| <i>gov</i> | Índice de governança | Mattos et al. (2012) |
| <i>Variáveis de controle</i> | | |
| <i>municipios</i> | Quantidade de municípios do estado | IBGE |
| <i>renda_media_pc</i> | Renda média per capita | IBGE |
| <i>total_domic</i> | Total de domicílios (1000 unidades) | PNAD |
| <i>chuva_100</i> | Quantidade de chuva | Mattos et al. (2012) |
| <i>altitude</i> | Altitude média dos municípios do estado | Mattos et al. (2012) |
| <i>area_urbkm²</i> | Área urbana do estado | IBGE |
| <i>rural</i> | Percentual da população que vive em zona rural | Mattos et al. (2012) |
| <i>ch_cana</i> | Estados cujos municípios participaram do ciclo da cana | Mattos et al. (2012) |

| Variável | Descrição | Fonte |
|----------|--|----------------------|
| ch_ouro | Estados cujos municípios participaram do ciclo do ouro | Mattos et al. (2012) |
| sarg | Argissolo | Embrapa |
| scambi | Cambissolo | Embrapa |
| schern | Chernossolo | Embrapa |
| sespondo | Espodossolo | Embrapa |
| sglei | Gleissolo | Embrapa |
| slat | Latossolo | Embrapa |
| sneo | Neossolo | Embrapa |
| snit | Nitossolo | Embrapa |
| splan | Planossolo | Embrapa |
| splint | Plintossolo | Embrapa |

Tabela 4 – Estatísticas descritivas das variáveis que explicam o termo de ineficiência u_{it}

| | Obs | Média | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo |
|-------------------------------|-----|----------|---------------|----------|----------|
| <i>Variável dependente</i> | | | | | |
| u_{it} | 213 | 28.76859 | 15.16694 | 0 | 59.23993 |
| <i>Variáveis explicativas</i> | | | | | |
| indicsaneamento0 | 213 | 51.99259 | 17.37608 | 0 | 89.826 |
| dumpac | 243 | 2.040435 | 1.107683 | .8811882 | 6 |
| gov | 243 | .6666667 | .4723775 | 0 | 1 |
| <i>Variáveis de controle</i> | | | | | |
| municipios | 243 | 206.2963 | 199.4304 | 1 | 853 |
| renda_media_pc | 243 | 718.5341 | 287.5483 | 297.5088 | 1842.796 |
| total_domic | 243 | 2117.794 | 2608.49 | 97 | 14113 |
| chuva_100 | 243 | 12.37585 | 4.265778 | 5.815166 | 21.75 |
| altitude | 243 | 318.1197 | 242.6187 | 18.3125 | 1171 |
| area_urbkm ² | 243 | 26.73962 | 116.8613 | .7166561 | 621.2 |
| rural | 243 | 26.25926 | 13.99331 | 3 | 59 |
| ch_cana | 243 | .0080287 | .015404 | 0 | .0526316 |
| ch_ouro | 243 | .0050584 | .0093249 | 0 | .0417755 |
| sarg | 243 | .3514393 | .1678793 | .1230769 | 1 |
| scambi | 243 | .10142 | .0561379 | 0 | .2777778 |
| schern | 243 | .0066304 | .0122137 | 0 | .0449438 |
| sespondo | 243 | .0038839 | .0072357 | 0 | .0291971 |
| sglei | 243 | .0051297 | .0113612 | 0 | .0557621 |
| slat | 243 | .327836 | .1023241 | 0 | .4924623 |
| sneo | 243 | .11241 | .0659869 | 0 | .2696629 |
| snit | 243 | .0479083 | .0836171 | 0 | .2994924 |
| splan | 243 | .0378728 | .0534621 | 0 | .2162162 |
| splint | 243 | .020322 | .0324758 | 0 | .1078067 |

Antes de apresentar os resultados, são avaliadas as informações acerca das variáveis estudadas neste trabalho, por meio de uma análise descritiva entre períodos antes do PAC (2003-2006) e após a implantação do programa (2008-2011). Embora o PAC tenha sido lançado em 2007, como a maior parte do volume de gastos nesse ano ainda era reflexo das obras já contratadas, optou-se por avaliar um período distinto, de 2008 a 2011.

4. DADOS AVALIADOS

Inicialmente, são apresentadas as quantidades médias de domicílios com rede geral de abastecimento de água e com rede coletora de esgoto em cada unidade federativa, comparando os valores apresentados em cada período. Também são comparados os volumes de água produzida e índice de aproveitamento da água, bem como os volumes de esgoto coletado e tratado. Além disso, verifica-se a quantidade total de recursos desembolsados pelo governo federal em abastecimento de água e esgotamento sanitário, tanto onerosos quanto não onerosos.

Com relação à quantidade de domicílios com rede geral de abastecimento de água, os dados estão dispostos na tabela A.1 do apêndice. Verificou-se que, antes do PAC (2003-2006), o Brasil apresentava a quantidade média de 42,93 milhões de domicílios com acesso à água potável e produzia o volume total de 42,88 bilhões de m³ (tabela A.2), com investimentos federais de cerca de R\$ 1,52 bilhões (data base 2003) ao longo desses quatro anos.

No período seguinte (2008 a 2011), durante a primeira fase do programa de investimentos do governo federal, a quantidade média de domicílios abastecidos com água potável aumentou para 50,01 milhões, o que corresponde a um aumento de 17% em relação ao período analisado anterior. O volume total de água produzida foi elevado para 50,15 bilhões de m³, representando aumento de 17%. Contudo, o volume de recursos desembolsados foi bastante superior, de R\$ 5,66 bilhões (data base 2003), ou seja, quase quatro vezes maior que no período antecedente.

Não há informações disponíveis acerca dos desembolsos estaduais e municipais específicos em abastecimento de água. Porém, constata-se aumento de 34,99% das despesas empenhadas conjuntas em saneamento básico e, desse modo, esse problema não compromete a análise feita apenas com os gastos federais.

Algumas unidades federativas merecem maior atenção. Amazonas, Acre, Pará e Rondônia reduziram o percentual de domicílios com acesso à água potável entre 2003 e 2011, apesar do aumento da quantidade de domicílios com acesso à água e da elevação dos gastos federais e das despesas em saneamento.

O estado do Pará aumentou em 154% o volume de água produzido entre os dois períodos, o que sugere a destinação da elevação dos gastos de 215%. Amazonas e Rondônia também aumentaram o volume de água produzido, em 14% e 8%, respectivamente. Todavia, o aumento dos gastos federais com abastecimento de água foi de 5.154% (Amazonas) e 388% (Roraima) e

as despesas estaduais e municipais em saneamento aumentaram 116% (Amazonas) e 220% (Roraima), o que indica a necessidade de melhor acompanhamento dos investimentos públicos nesses estados.

Os recursos federais investidos em abastecimento de água no Espírito Santo aumentaram de R\$ 4,48 milhões para R\$ 86,21 milhões, ou seja, aumento de R\$ 81,73 milhões, resultando no aumento médio de 119 mil domicílios com acesso à água e no aumento do volume produzido em 173,52 milhões de m³. No Piauí, houve aumento médio de 154 mil domicílios com rede geral de abastecimento de água e aumento do volume de água produzida de 193,13 milhões de m³, com aumento de recursos semelhante (R\$ 81,88 milhões) ao período anterior. Em ambos estados houve aumento das despesas conjuntas (estaduais e municipais).

Entre 2003 e 2006, São Paulo recebeu do governo federal cerca de R\$ 98,07 milhões para abastecimento de água. Durante o período analisado do PAC, os investimentos aumentaram para R\$ 747,18 milhões (aumento de 762%), com o aumento de 1,42 milhões de domicílios com acesso à água potável e volume de água em 482 milhões de m³. Entre 2008 e 2011, o estado do Ceará recebeu R\$ 513,21 milhões a mais que no período de 2003-2006, a sua quantidade média de domicílios com acesso a água aumentou 402 mil e o volume produzido de água tratada aumentou 272,52 milhões de m³.

No caso do Ceará, houve redução das despesas empenhadas estaduais. De todo modo, os dados acima contrastam com o desempenho do Paraná. Esse estado aumentou a quantidade média de domicílios atendidos com água em 362 mil e elevou o volume de água produzida em 324,97 milhões de m³, porém com redução da quantidade de recursos federais investidos. Além do Paraná, somente o Distrito Federal conseguiu aumentar seus indicadores de quantidade média de domicílios com rede geral de abastecimento de água e de volume total de água tratada com redução dos recursos federais investidos. Vale destacar que o governo do Distrito Federal também reduziu suas despesas empenhadas com saneamento básico.

Sobre esse tema, cabe ainda destacar a significativa variação constatada em alguns estados. No período de 2003-2006, o índice de aproveitamento do estado do Piauí elevou-se de 36,60% para 59,97%, ou seja, elevação de 23,07 pontos percentuais. Porém, em 2008 o índice reduz para 39,64% e, em 2011, se eleva para 40,97%. No estado do Pará, o índice salta de 46,25% para 65,25% entre 2003-2006, cai para 56,50% em 2008 e aumenta para 57,23% em 2011.

Uma hipótese dessa variação tão significativa decorre da amostragem na coleta de dados, haja vista que as informações são fornecidas em formulários pelos prestadores de serviço e pelas prefeituras ao SNIS. Em 2003, a amostra continha 319 prestadores de serviços. Em 2008, a amostra praticamente duplicou para 661 e em 2011 alcançou 1.172 prestadores. Com o aumento significativo do tamanho da amostra, é razoável admitir que os dados mais recentes apresentem-se mais confiáveis.

No que concerne ao aproveitamento da água (tabela A.3), observa-se melhor desempenho durante o período de 2008-2011. Antes do PAC, o índice de aproveitamento da água cresceu 0,3 pontos percentuais enquanto no período seguinte, de maior aporte de recursos, o crescimento foi de 2,4 pontos percentuais.

Quanto ao sistema de esgotamento sanitário, antes do PAC (2003-2006), o Brasil apresentava a quantidade média de 24,99 milhões de domicílios com acesso à rede de esgoto (tabela A.4 no apêndice). As prestadoras de serviço coletavam o volume de 13,60 bilhões de m³ e tratavam o volume médio de 8,16 bilhões de m³ (tabela A.5 no apêndice). Ao longo desses quatro anos, o governo federal desembolsou cerca de R\$ 1,11 bilhões.

No período subsequente (2008 a 2011), durante a primeira fase do programa de investimentos do governo federal, a quantidade média de domicílios com rede de esgotamento sanitário saltou para 31,70 milhões, o que corresponde a um aumento de 27% em relação ao período anterior. O volume total de esgoto coletado foi elevado para 17,54 bilhões de m³, representando aumento de 29%. Em relação ao volume de esgoto tratado, houve crescimento considerável, com volume tratado médio de 11,81 bilhões de m³, o que significa aumento de 45% em relação ao período anterior.

Assim como os dispêndios em abastecimento de água, os gastos em sistemas de esgoto foram significativamente superiores, de R\$ 4,76 bilhões (data base 2003), ou seja, mais de quatro vezes o aplicado no período antecedente. Cabe lembrar que também houve aumento de 34,99% das despesas empenhadas conjuntas em saneamento básico.

Segundo os dados da PNAD, Roraima aumentou em 7.000 a quantidade de domicílios com rede coletora de esgoto entre os dois períodos, um acréscimo de 81%, mas não houve elevação dos volumes de esgoto coletado e tratado. No entanto, foram investidos cerca de R\$ 60 milhões no período 2008-2011. Com volume de recursos semelhantes, o Piauí aumentou em 8.000 unidades a quantidade de domicílios com acesso à rede de esgoto, e elevou os volumes de esgoto coletado

e tratado em 15% e 13%, respectivamente. Ambos aumentaram as despesas empenhadas estaduais e municipais, que passaram a ser, no período, de R\$ 297 milhões (Roraima) e de R\$ 267 milhões.

As unidades federativas com maiores percentuais de domicílios com rede de esgotamento sanitário são o Distrito Federal (87%), Espírito Santo (74%), Minas Gerais (77%), Rio de Janeiro (70%) e São Paulo (91%). Os menores percentuais estão no Amapá (4%), Pará (8%), Piauí (4%), Roraima (13%) e Rondônia (3%).

São Paulo foi responsável pela maior quantidade de novos domicílios que receberam acesso ao sistema de esgoto entre 2008-2011. Conforme os dados da PNAD, a quantidade de média de domicílios nesse estado aumentou em 1,6 milhões de unidades. Por outro lado, Amapá acrescentou apenas 2.000 unidades.

De acordo com os dados do SNIS, Acre, Alagoas, Amapá, Bahia, Mato Grosso, Pernambuco e Roraima reduziram a quantidade de esgoto coletado, o que contrasta com a informação de que aumentaram o acesso à rede de esgoto.

Do total de recursos, o governo federal investiu apenas 2,4% na Região Norte, embora seja a região que apresente o menor percentual de domicílios com acesso à rede de esgoto. Já a Região Sul foi contemplada com 15,5%, apesar de já possuir maior percentual de acesso à rede de esgotamento sanitário.

Finalmente, em relação ao indicador de saneamento proposto neste trabalho (tabela A.6 do apêndice), observou-se que, em 2011, o Distrito Federal apresenta o maior índice (88,98%), enquanto Rondônia possui o menor (23,7%). O Acre possui índice zero em 2003 em razão de não ter volume de esgoto tratado nesse ano. Amapá, Rondônia e Sergipe apresentam em 2011 o indicador com valor inferior ao de 2003.

Todos os estados e o Distrito Federal receberam mais recursos federais no período entre 2008-2011. Quanto às despesas empenhadas estaduais e municipais em saneamento básico, somente Ceará, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e Sergipe as reduziram. As demais unidades federativas elevaram as referidas despesas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo está dividido em duas partes. Na primeira, é estimada a fronteira de produção, e na segunda parte é analisada a relação entre a ineficiência técnica, o PAC e o nível de governança médio por estado.

5.1 ESTIMAÇÃO DA FRONTEIRA

Para estimar a ineficiência técnica das unidades produtivas (estados) este trabalho apresenta regressões do indicador de qualidade do saneamento sobre os desembolsos federais em sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário e sobre as despesas estaduais e municipais empenhadas na rubrica saneamento, que inclui urbano e rural. Com o objetivo de observar o grau de substituição entre os insumos empregados por cada esfera de governo, também são avaliadas as interações entre os desembolsos federais, estaduais e municipais.

Os resultados da tabela 5 mostram o efeito dos desembolsos sobre o indicador de saneamento no período de 2004 a 2011 quando não se incluem as variáveis de controle de escolaridade e população. Os coeficientes indicam que o aumento de 1% dos gastos federais per capita no ano anterior eleva entre 1.77 e 3.08 pontos percentuais o indicador de saneamento. Os efeitos das despesas estaduais per capita são bem menos relevantes, pois aumentam entre 0.27 e 1.83 pontos percentuais o índice proposto. Já as despesas municipais per capita conseguem ampliar o indicador entre 1.76 e 4.79 pontos percentuais. Por simplicidade, estas interpretações ignoram as interações e os termos quadráticos.

Tabela 5 – Efeito dos investimentos defasados sobre o indicador de saneamento *sem* controles adicionais de escolaridade e população

| | I | II | III |
|------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| lfederal | 1.765*** (0.058) | 3.081*** (0.138) | 3.070*** (0.150) |
| lestadual | 0.269*** (0.038) | 1.832*** (0.111) | 1.674*** (0.115) |
| lmunicipal | 1.763*** (0.122) | 3.809*** (0.161) | 4.785*** (0.305) |
| lmun_fed | | -0.473*** (0.045) | -0.333*** (0.054) |
| lmun_est | | -0.469*** (0.038) | -0.388*** (0.041) |
| lest_fed | | -0.076*** (0.019) | -0.091*** (0.021) |
| lfederal2 | | | -0.126*** (0.020) |

| | I | II | III |
|-------------|---------|---------|----------------------|
| lestadual2 | | | 0.055*** (0.011) |
| lmunicipal2 | | | -0.343*** (0.069) |
| obs | 213.000 | 213.000 | 213.000 |
| controles | não | não | não |
| sigma_u | 16.377 | 16.122 | 16.216 |
| sigma_v | 5.362 | 5.246 | 5.228 |

Nota: * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01 - Erros-padrão entre parênteses. I_ (valores defasados). Dummies de tempo omitidas.

Os números acima devem ser analisados com cautela. Como se trata de um índice elaborado para um estudo específico, os números apresentados não são suficientes para quantificar a relação entre os investimentos e os resultados em domicílios com abastecimento de água potável ou esgotamento sanitário, porém a análise demonstra que os gastos federais foram, no período, determinantes para a melhoria no saneamento básico.

A estimação com as variáveis de controle população e escolaridade média, *pop_mil* e *escolaridade*, também mostra resultados semelhantes como se pode ver na tabela 6. Porém, no caso das despesas e municipais, os retornos parecem ser crescentes quando se incluem os termos quadráticos e as interações, i.e. o coeficiente com grau 1 é negativo e o termo quadrático é positivo. A variabilidade dos coeficientes entre os diferentes modelos é menor quando se usam os controles.

Tabela 6 – Efeito dos investimentos defasados sobre o indicador de saneamento com controles adicionais de escolaridade e população

| | IV | V | VI |
|------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| lfederal | 2.000*** (0.063) | 1.960*** (0.145) | 2.380*** (0.153) |
| lestadual | 0.099*** (0.038) | 0.204* (0.122) | 0.090 (0.125) |
| lmunicipal | 0.711*** (0.144) | 0.636*** (0.201) | -1.928*** (0.372) |
| lmun_fed | | 0.049 (0.047) | -0.104* (0.054) |
| lmun_est | | -0.011 (0.041) | 0.037 (0.043) |
| lest_fed | | -0.041** (0.019) | -0.051** (0.022) |
| lfederal2 | | | -0.117*** (0.020) |
| lestadual2 | | | 0.032*** (0.011) |

| | | | |
|-------------|---------|---------|---------------------|
| Imunicipal2 | | | 0.537*** (0.075) |
| obs | 213.000 | 213.000 | 213.000 |
| controles | sim | sim | sim |
| sigma_u | 15.139 | 15.144 | 15.165 |
| sigma_v | 4.928 | 4.926 | 4.900 |

Nota: * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$ - Erros-padrão entre parênteses. I_ (valores defasados). Dummies de tempo omitidas.

Exceto pelo caso mencionado, em geral, os termos quadráticos atenuam os efeitos dos gastos sobre o indicador de qualidade do saneamento. Outro ponto que merece atenção é a interação com as despesas das outras unidades. Os resultados das regressões mostram que os efeitos das interações sobre o indicador de qualidade do saneamento são, em geral, negativos. Isso indica que há forte grau de substituição entre recursos de cada esfera de governo.

Esse problema reduz a eficiência do modelo de contrapartida inicialmente adotado no PAC para realização das obras de infraestrutura. Contudo, nas obras de saneamento do PAC 2, a contrapartida mínima varia de acordo com a fonte de recursos a ser utilizada. Não há necessidade de contrapartida no caso de recursos do Orçamento Geral da União (OGU), mas, para recursos onerosos (FGTS e outras fontes de financiamento), o valor mínimo é de 10 % do valor do investimento em obras de abastecimento de água e de 5 % em sistemas de esgotamento sanitário.

Impende destacar que, de forma diferente dos investimentos federais, as informações dos estados e municípios referem-se a despesas empenhadas, ou seja, não significa que tenham sido efetivamente pagas. Ademais, referem-se a saneamento básico como em geral, i.é, englobam os dispêndios orçamentários com limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo de águas pluviais.

No apêndice são apresentados os resultados completos das regressões, que incluem os coeficientes e desvios das variáveis de controle e das variáveis *dummies* do modelo.

A partir da estimação da fronteira, é oportuno verificar como a ineficiência (u_{it}) se comporta entre as unidades produtivas. Quando o valor da ineficiência é zero, a unidade ou estado encontra-se operando na fronteira de produção e, por outro lado, o maior valor da ineficiência apresenta a unidade em que se registra o pior desempenho em relação ao indicador. A tabela 7 mostra a classificação das unidades federativas quanto ao termo de ineficiência ao longo do período de 2004-2011, tomando como base o modelo IV.

Tabela 7 – ranking da ineficiência por unidade federativa

| Posição | Unidade Federativa | Ineficiência |
|----------------|---------------------------|---------------------|
| 1 | DF | 0,00 |
| 2 | PR | 8,06 |
| 3 | ES | 11,09 |
| 4 | SP | 11,23 |
| 5 | RJ | 12,50 |
| 6 | BA | 15,14 |
| 7 | PB | 16,88 |
| 8 | SE | 17,92 |
| 9 | GO | 19,37 |
| 10 | MG | 21,69 |
| 11 | CE | 21,69 |
| 12 | SC | 23,85 |
| 13 | PE | 24,54 |
| 14 | MS | 26,56 |
| 15 | TO | 30,01 |
| 16 | RN | 33,09 |
| 17 | RS | 34,80 |
| 18 | MT | 36,33 |
| 19 | AL | 37,16 |
| 20 | RR | 37,53 |
| 21 | AM | 39,01 |
| 22 | PI | 45,36 |
| 23 | MA | 48,92 |
| 24 | AC | 51,24 |
| 25 | AP | 52,12 |
| 26 | PA | 53,79 |
| 27 | RO | 55,65 |

Oportuno lembrar que esse indicador foi elaborado considerando-se o percentual de domicílios com rede coletora de esgoto. Isto não significa necessariamente que não há esgotamento sanitário adequado, pois há ainda a possibilidade de o esgoto ser eliminado por meio de tanques sépticos.

O Plansab considera atendimento adequado a coleta de esgotos seguida de tratamento e o uso de fossas sépticas. Contudo, neste trabalho optou-se por considerar no indicador apenas os domicílios que dispõem de rede coletora e tratamento, haja vista que ao avaliar a eficiência técnica (relação entre insumos e produtos) os investimentos (insumos) são normalmente aplicados em sistemas de esgotamento coletivos, que ampliam a rede coletora ou no tratamento dos efluentes (produtos).

5.2 EXPLICAÇÃO DA INEFICIÊNCIA

Apresentam-se aqui os resultados da regressão da ineficiência (u_{it}) sobre as variáveis explicativas de interesse. Como variáveis de controle, foram utilizadas diversas variáveis, como área urbana de cada estado, quantidade de municípios, diversos tipos de solos existentes e *dummies* de UF. Os resultados são mostrados na tabela 8.

Tabela 8 – Efeito das variáveis explicativas sobre a ineficiência

| Variável | VII | VIII | IX |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| <i>Variáveis Explicativas</i> | | | |
| indicsaneamento0 | -0.767*** (0.043) | -0.530*** (0.010) | -0.447*** (0.071) |
| dumpac | 1.046 (0.850) | 1.075*** (0.128) | 2.613*** (0.742) |
| gov | -0.933*** (0.300) | -1.998*** (0.075) | -4.867*** (1.118) |
| <i>Variáveis de controle</i> | | | |
| renda dom. pc | | | -0.013*** (0.004) |
| total de domicílios | | | 0.002*** (0.000) |
| (mean) chuva_100 | | | 1.050*** (0.289) |
| (mean) altitude | | | -0.025*** (0.005) |
| area_urbkm2 | | | 0.081*** (0.019) |
| rural | | | 0.359*** (0.111) |
| (mean) ch_cana | | | -241.823*** (77.701) |
| (mean) ch_ouro | | | 377.194*** (127.704) |
| (mean) sarg | | | 106.745*** (15.729) |
| (mean) scambi | | | 32.232** (15.513) |
| (mean) scherno | | | -152.143* (83.770) |
| (mean) sespondo | | | -308.397*** (98.309) |
| (mean) sglei | | | 697.919*** (149.729) |
| (mean) slat | | | 117.574*** (21.490) |
| (mean) sluvi | | | 101.172*** (20.128) |

| Variável | VII | VIII | IX |
|-------------------------------|-------|-------|-------------------------|
| <i>Variáveis Explicativas</i> | | | |
| (mean) sneo | | | 188.011*** (31.012) |
| (mean) snit | | | 31.704*** (12.258) |
| (mean) splan | | | 79.141*** (13.633) |
| (mean) splint | | | -203.189*** (57.423) |
| municipios | | | 0.010* (0.005) |
| UF | não | sim | não |
| R ² | 0.845 | 0.995 | 0.947 |
| obs | 213 | 213 | 213. |

Nota: * p<0.10, ** p<0.05, ***p<0.01. Desvio padrão entre parênteses.

O coeficiente negativo da variável *indicsaneamento0* sugere que quanto maior o índice de saneamento no período inicial (2003), menor será o valor esperado da ineficiência. Isso significa que, no período avaliado, aquelas unidades federativas mais eficientes em 2003 tendem a permanecer nessa condição. Esse resultado é bastante razoável na medida em que os estados que já dispõem de adequada infraestrutura de saneamento utilizam recursos apenas para custeio dos serviços. Já as unidades federativas carentes precisarão investir mais em infraestrutura para obter melhores níveis dos indicadores estudados.

Quanto à *dummy* temporal *dumpac*, que reflete o período após a implantação do PAC, o coeficiente positivo sugere que a ineficiência técnica dos estados é superior nesse período. Esse resultado corrobora a análise comparativa entre os períodos, quando foi mostrado que o período 2003-2006 apresentou resultados relativos entre gasto e provisão de saneamento melhores do que no período 2008-2011.

O valor negativo do coeficiente da variável indicador de governança é coerente com a intuição econômica. Estados com municípios mais desenvolvidos, com estrutura de governança mais elaborada, bem como com renda média mais alta tendem a apresentar menores índices de ineficiência técnica e assim demonstram melhor capacidade de empregar os recursos investidos.

Para mostrar a pertinência desse modelo, que utiliza variáveis de controle de cunho histórico ou institucionais, também foi realizada regressão das variáveis *gov*, *dumpac* e *indicsaneamento0* com o uso de variáveis *dummy* referentes aos estados (*dUF1* a *dUF27*) sobre a ineficiência. Os resultados são semelhantes, isto é, os coeficientes das variáveis *gov* e *indicsaneamento0* são

negativos enquanto o coeficiente da variável *dumpac* é positivo, e todos estatisticamente significantes.

6. CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a efetividade dos gastos federal, estadual e municipal em saneamento. Também teve como objetivo avaliar a eficiência antes e após o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), bem como mensurar a ineficiência técnica das unidades federativas (estados) quanto à aplicação dos investimentos.

Para tanto, procurou-se analisar a eficiência da política pública por intermédio de fronteira de produção estocástica e verificar o comportamento da ineficiência frente a variáveis institucionais.

Com o intuito de avaliar de forma ampla os efeitos dos investimentos públicos em saneamento, construiu-se um indicador sintético adimensional. Tal indicador foi constituído a partir da média geométrica dos percentuais de domicílios abastecidos com rede de água potável, de domicílios com rede coletora de esgotos, volume de esgoto tratado em relação ao coletado, e ainda pela porcentagem de aproveitamento da água.

A primeira fase do PAC 1 (2007-2010) previu cerca de R\$ 40 bilhões para o setor de saneamento, sendo R\$ 12 bilhões de recursos orçamentários, R\$ 20 bilhões de financiamento e R\$ 8 bilhões como contrapartida dos estados, municípios e prestadores de serviços. Contudo, as informações divulgadas pelo Ministério das Cidades evidenciam que somente R\$ 5,65 bilhões de recursos orçamentários e R\$ 6,21 bilhões de recursos onerosos (financiamentos) foram desembolsados. As unidades federativas não disponibilizam os dados da contrapartida efetivamente desembolsados.

Segundo dados da PNAD, entre os dois períodos (2003-2006 e 2008-2011), o Brasil aumentou a quantidade média de domicílios com acesso à água potável de 42,93 milhões para 50,1 milhões (17% de aumento). O volume produzido de água tratada aumentou de 42,88 bilhões de m³ para 50,15 bilhões de m³ (17% de elevação), conforme dados do SNIS. Para tanto, o volume de recursos investidos com investimentos federais passaram de R\$ 1,52 bilhões para R\$ 5,66 bilhões.

Apesar do aumento da quantidade de domicílios com acesso à água e da elevação dos gastos em saneamento, constatou-se que Amazonas, Acre, Pará e Rondônia reduziram o percentual de domicílios com acesso à água potável entre 2003 e 2011.

Em relação ao aproveitamento da água, observou-se melhor desempenho durante o período de 2008-2011. Antes do PAC, o índice de aproveitamento da água elevou-se 0,3 pontos percentuais enquanto no período seguinte, de maior aporte de recursos, o crescimento foi de 2,4 pontos percentuais.

Quanto ao sistema de esgotamento sanitário, o Brasil elevou a quantidade média de domicílios com acesso à rede de esgoto de 24,99 milhões para 31,70 milhões entre os dois períodos, o que representa aumento de 27%. Entre 2003 e 2006, o Brasil tratou 60% do esgoto coletado e, entre 2008 e 2011, tratou 67%. Os investimentos passaram de R\$ 1,11 bilhões para R\$ 4,76 bilhões, ou seja, mais de quatro vezes o aplicado no período antecedente.

A respeito do indicador de saneamento utilizado neste trabalho, verificou-se, de maneira geral, aumento do índice em relação ao período avaliado. Entretanto, Amapá, Rondônia e Sergipe apresentaram redução do índice.

De forma geral, os dados evidenciam que houve aumento na quantidade e nos percentuais de domicílios com abastecimento de água potável e com rede coletora de esgotos, no percentual de volume de esgoto tratado e também no indicador de saneamento utilizado. Entretanto, em que pese o progresso de todos os índices avaliados neste trabalho, o volume de recursos investidos, sobretudo os federais, para alcançar os novos patamares, precisou ser bastante superior entre os dois períodos analisados, o que indica ter havido redução da eficiência técnica.

Para estimar a ineficiência das unidades produtivas (estados) foram realizadas regressões dos desembolsos federais em sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário e das despesas estaduais e municipais empenhadas sobre o indicador de saneamento, de forma a determinar a fronteira de produção estocástica. Não foi possível obter os dados sobre os desembolsos estaduais e municipais segregados em abastecimento de água e esgotamento sanitário, uma vez que os bancos de dados existentes (SNIS, FINBRA) não dispunham da totalidade desses dados, sobretudo de períodos mais antigos.

Verificou-se que os gastos de cada esfera de governo apresentam diferentes efeitos sobre o indicador de qualidade do saneamento. Constatou-se que a hipótese de retornos decrescentes

descreve bem a relação entre insumos e produtos. As interações entre os gastos de cada nível de governo apresentam coeficientes negativos, indicando algum grau de substituição entre os insumos empregados pelos recursos de cada nível de governo.

O modelo indica que o Distrito Federal encontra-se sobre a fronteira de produção, seguido, em termos de eficiência, nessa ordem, pelo Paraná, Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro. No outro extremo, os estados mais ineficientes durante o período avaliado são Rondônia, Pará, Amapá, Acre e Maranhão.

Também foi objeto desta pesquisa o exame do comportamento da ineficiência técnica frente a variáveis institucionais. Os resultados mostraram que as unidades federativas com melhores indicadores de saneamento em 2003 tendem a permanecer nessa condição, o que é razoável com a ideia de que unidades federativas que já dispõem de adequada infraestrutura utilizam recursos apenas para custeio dos serviços. Por outro lado, estados mais carentes precisarão investir ou desembolsar mais para ampliação da rede e obter melhorar a qualidade.

Os resultados também mostraram que a ineficiência técnica dos estados apresentava-se superior no período de 2007 em diante, o que ratifica os resultados obtidos com a análise descritiva sobre os períodos 2003-2006 e 2008-2011. Uma vez que empregou menos recursos, o primeiro período mostrou-se mais eficiente no aumento do número de domicílios com abastecimento de água potável ou com esgotamento sanitário e do percentual de esgoto tratado.

Por meio desta pesquisa também foi possível constatar que estados com municípios mais organizados ou que dispõem de estrutura de governança mais elaborada, considerada aqui tão somente como a existência de Plano Diretor, da Lei de Parcelamento do Solo, da Lei de Zoneamento, do Código de Obras e do Código de Posturas, tendem a apresentar menores índices de ineficiência técnica e, assim, lidar melhor com a escassez de recursos.

Por fim, importa mencionar que, à medida que mais informações vão sendo agregadas aos bancos de dados SNIS e PNAD, será possível realizar pesquisas específicas a respeito dos indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, bem como comparar com as condições existentes em outros países também em desenvolvimento. Há, entretanto, necessidade de que essas informações repassadas pelos prestadores de serviço e municípios, sobretudo sobre os investimentos realizados, sejam fidedignas a fim de que se possa avaliar de forma pormenorizada a situação do saneamento básico.

REFERÊNCIAS

- AIGNER, D.J .; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*. North-Holland, v. 6, p. 21-37, 1977.
- BELOTTI, F. et al. Stochastic frontier analysis using Stata. *CEIS Tor Vergata Research Paper Series*, v. 251, 2012.
- BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.
- DANTAS, F. V. A. et al. Uma Análise da Situação do Saneamento no Brasil. *FACEF Pesquisa-Desenvolvimento e Gestão*, v. 15, n. 3, 2012.
- GREENE, W. H. *Econometric Analysis*, Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, 2000.
- HIRATUKA, C. et al. *Impactos econômicos dos investimentos em saneamento básico no Brasil*. Revista DAE. Edição 180, 2009. Disponível em: <http://www.revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_180_n_1406.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2014.
- HUTTON, G. et al. *Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage*. World Health Organization. 2012. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/75140/1/WHO_HSE_WSH_12.01_eng.pdf?ua=1>. Acesso em: 4 mar. 2014.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Atlas do saneamento 2011*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm>. Acesso em: 16 mar. 2014.
- ITB. Instituto Trata Brasil. 5 anos de acompanhamento do PAC Saneamento. 2009-2013. *Projeto de Olho no PAC*, Maio 2014. Disponível em: < <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/de-olho-no-pac/Relatorio-De-Olho-no-PAC-2014.pdf>>. Acesso em: 3 jul. 2014.
- LEE, Y. H. *Panel Data Models with Multiplicative Individual and Time Effects: Applications to Compensation and Frontier Production Functions*. 1991. Dissertação de Doutorado (Ph.D). Department of Economics, Michigan State University, East Lansing.
- LEE, Y. H.; SCHMIDT, P. *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*, chap 8. A production frontier model with exible temporal variation in technical inefficiency, 1993. Oxford University Press.
- MATTOS, E. et al. Capitánias Hereditárias e desenvolvimento econômico: herança colonial sobre desigualdade e instituições. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 42, n. 3, 2012.
- MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, v. 18, n. 2, p. 435-444, 1977.
- NARITOMI, J., SOARES, R. E ASSUNÇÃO, J. (2007) *Rent Seeking and Unveiling of 'De Facto' Institutions: Development and Colonial Heritage within Brazil*. Mimeo.

OHIRA, T.; SCAZUFCA, P. *Métodos de análise de eficiência de empresas para o setor de saneamento*. 2009. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/uploads/file/sociedade_meioamb/Grupo%20Economia%20Saneamento/publicacoes/mesa_saneamento_Thelma_Ohira.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2014.

OHIRA, T.; SHIROTA, R. *Eficiência econômica: uma aplicação do modelo de fronteira estocástica em empresas de saneamento*. Anais do XXXIII Encontro Nacional de Economia, 2005.

OLIVEIRA, H. N. C. et al. Eficiência técnica das companhias de esgotamento sanitário nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. *Perspectiva Econômica*, 8(2):108-120, julho-dezembro 2012.

PALIALOL, B. T. *Evidências empíricas dos impactos do saneamento sobre a saúde*. Temas de Economia Aplicada. Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe). Temas de Economia Aplicada, 2014.

PLANSAB. *Plano Nacional de Saneamento Básico*, 2013. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab_06-12-2013.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2014.

SAIANI, C. C. S. *Restrições à expansão dos investimentos em saneamento básico no Brasil: déficit de acesso e desempenho dos prestadores*. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96131/tde-18072007-095214/>>. Acesso em: 25 abr. 2014.

SAIANI, C. C. S. Saneamento básico no Brasil: análise do acesso domiciliar simultâneo ao abastecimento de água e à coleta de esgoto. *Revista de Economia Mackenzie*, v. 8, n. 3, 2010.

SALLES, M. J. *Política nacional de saneamento: percorrendo caminhos em busca da universalização*. 2009. Tese de Doutorado. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro.

SATO, J. M. *Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) no estudo de eficiência do setor de saneamento*. 2011. 45 p. Dissertação. Pós Graduação Strictu Sensu em Economia Regional – Universidade Católica de Brasília, Brasília – DF, 2011.

SCARATTI D. et al. *Avaliação da eficiência da gestão dos serviços municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário utilizando Data Envelopment Analysis*. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 18, n. 4, Dec. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522013000400333&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 2 Mar. 2014.

SIMONSEN, R. C. *História Econômica do Brasil 1500-1820*. São Paulo-Rio de Janeiro-Recife, Companhia Editora Nacional, 1937.

SNIS. *Diagnóstico dos serviços de água e esgoto*, 2012. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRerterterTERTer=103>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

SNIS. *Glossário de Indicadores – Água e Esgoto*, 2012. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

STATACORP. *Stata/SE 11.2*, 2009.

TEIXEIRA, L. I. *Evidências empíricas das políticas de saneamento básico sobre indicadores de saúde para municípios brasileiros*. Dissertação de Mestrado, EESP, Fundação Getúlio Vargas, 2011.

TUPPER, H.; RESENDE, M. *Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study*. *Utilities Policy*, v. 12, n. 1, p. 29-40, 2004.

TUROLLA, F. A. *Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas*. Texto para Discussão (IPEA), Brasília-DF, n.922, p. 1-26, 2002.

WOOLDRIDGE, J. *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT press, 2002.

APÊNDICE

Tabela A.1 – percentual de domicílios com rede de abastecimento de água

| UF | % de domicílios | | Quantidade média de domicílios com rede geral de abastecimento de água (1000 unidades) | | | | Quantidade de recursos federais investidos em rede geral de abastecimento de água (R\$) | | | |
|---------------|-----------------|------------|--|--------------|-------------|------------|--|----------------------|----------------------|-------------|
| | 2003 | 2011 | 2003-2006 | 2008-2011 | Diferença | Variação | 2003-2006 | 2008-2011 | Diferença | Variação |
| AC | 63% | 51% | 79 | 105 | 26 | 32% | 29.912.978 | 33.269.940 | 3.356.962 | 11% |
| AL | 60% | 74% | 473 | 627 | 154 | 33% | 33.124.001 | 302.614.663 | 269.490.662 | 814% |
| AM | 79% | 69% | 513 | 600 | 87 | 17% | 5.542.235 | 291.168.156 | 285.625.921 | 5154% |
| AP | 63% | 53% | 84 | 106 | 22 | 27% | 3.961.590 | 29.555.122 | 25.593.531 | 646% |
| BA | 74% | 82% | 2784 | 3390 | 606 | 22% | 119.737.093 | 395.809.262 | 276.072.169 | 231% |
| CE | 73% | 78% | 1554 | 1956 | 402 | 26% | 194.391.538 | 707.605.111 | 513.213.573 | 264% |
| DF | 91% | 96% | 620 | 773 | 153 | 25% | 165.444.443 | 52.411.200 | (113.033.244) | -68% |
| ES | 82% | 87% | 818 | 937 | 119 | 15% | 4.482.355 | 86.210.871 | 81.728.516 | 1823% |
| GO | 76% | 84% | 1311 | 1599 | 288 | 22% | 33.043.961 | 143.314.169 | 110.270.209 | 334% |
| MA | 57% | 67% | 867 | 1180 | 312 | 36% | 37.522.370 | 72.213.178 | 34.690.808 | 92% |
| MG | 86% | 86% | 4765 | 5391 | 626 | 13% | 129.137.083 | 553.313.832 | 424.176.749 | 328% |
| MS | 81% | 87% | 560 | 662 | 102 | 18% | 3.627.833 | 42.051.541 | 38.423.708 | 1059% |
| MT | 64% | 80% | 522 | 723 | 202 | 39% | 32.105.432 | 60.002.600 | 27.897.169 | 87% |
| PA | 57% | 48% | 759 | 983 | 224 | 29% | 59.984.060 | 188.954.531 | 128.970.472 | 215% |
| PB | 78% | 81% | 764 | 889 | 126 | 16% | 63.671.653 | 200.346.230 | 136.674.577 | 215% |
| PE | 74% | 82% | 1693 | 2060 | 367 | 22% | 96.610.208 | 609.040.294 | 512.430.087 | 530% |
| PI | 63% | 82% | 516 | 669 | 154 | 30% | 34.260.191 | 116.142.064 | 81.881.873 | 239% |
| PR | 86% | 90% | 2651 | 3013 | 362 | 14% | 118.662.003 | 82.045.937 | (36.616.066) | -31% |
| RJ | 87% | 86% | 4310 | 4779 | 469 | 11% | 44.754.174 | 170.250.128 | 125.495.954 | 280% |
| RN | 85% | 88% | 695 | 821 | 127 | 18% | 55.285.693 | 147.473.348 | 92.187.655 | 167% |
| RO | 48% | 41% | 149 | 194 | 46 | 31% | 14.109.618 | 68.909.871 | 54.800.254 | 388% |
| RR | 99% | 86% | 79 | 105 | 26 | 33% | 9.966.925 | 108.768.187 | 98.801.261 | 991% |
| RS | 84% | 86% | 2843 | 3116 | 274 | 10% | 11.595.046 | 153.643.057 | 142.048.011 | 1225% |
| SC | 77% | 84% | 1389 | 1654 | 265 | 19% | 10.210.932 | 54.902.474 | 44.691.541 | 438% |
| SE | 86% | 88% | 475 | 538 | 63 | 13% | 104.640.932 | 130.345.228 | 25.704.296 | 25% |
| SP | 96% | 96% | 11397 | 12820 | 1424 | 12% | 98.071.032 | 845.249.548 | 747.178.516 | 762% |
| TO | 76% | 80% | 264 | 324 | 61 | 23% | 9.674.700 | 19.459.861 | 9.785.161 | 101% |
| Brasil | 82% | 85% | 42930 | 50014 | 7085 | 17% | 1.523.530.079 | 5.665.070.403 | 4.141.540.324 | 272% |

Fonte: PNAD e Ministério das Cidades

Tabela A.2 – volume de água produzido

| UF | Volume de água produzido (1.000 m ³) | | | | Quantidade de recursos federais investidos em rede geral de abastecimento de água (R\$) | | | |
|---------------|--|-------------------|------------------|------------|---|----------------------|----------------------|-------------|
| | 2003-2006 | 2008-2011 | Diferença | Variação | 2003-2006 | 2008-2011 | Diferença | Variação |
| AC | 150.924 | 195.817 | 44.894 | 30% | 29.912.978 | 33.269.940 | 3.356.962 | 11% |
| AL | 460.093 | 618.892 | 158.798 | 35% | 33.124.001 | 302.614.663 | 269.490.662 | 814% |
| AM | 944.940 | 1.080.235 | 135.295 | 14% | 5.542.235 | 291.168.156 | 285.625.921 | 5154% |
| AP | 236.498 | 264.913 | 28.415 | 12% | 3.961.590 | 29.555.122 | 25.593.531 | 646% |
| BA | 2.511.403 | 2.984.824 | 473.421 | 19% | 119.737.093 | 395.809.262 | 276.072.169 | 231% |
| CE | 1.295.418 | 1.567.935 | 272.517 | 21% | 194.391.538 | 707.605.111 | 513.213.573 | 264% |
| DF | 778.266 | 914.941 | 136.675 | 18% | 165.444.443 | 52.411.200 | (113.033.244) | -68% |
| ES | 1.081.882 | 1.255.405 | 173.523 | 16% | 4.482.355 | 86.210.871 | 81.728.516 | 1823% |
| GO | 1.128.461 | 1.433.652 | 305.191 | 27% | 33.043.961 | 143.314.169 | 110.270.209 | 334% |
| MA | 1.086.804 | 1.329.871 | 243.067 | 22% | 37.522.370 | 72.213.178 | 34.690.808 | 92% |
| MG | 4.393.782 | 5.388.447 | 994.666 | 23% | 129.137.083 | 553.313.832 | 424.176.749 | 328% |
| MS | 670.629 | 709.541 | 38.912 | 6% | 3.627.833 | 42.051.541 | 38.423.708 | 1059% |
| MT | 749.411 | 1.004.107 | 254.696 | 34% | 32.105.432 | 60.002.600 | 27.897.169 | 87% |
| PA | 376.471 | 957.240 | 580.769 | 154% | 59.984.060 | 188.954.531 | 128.970.472 | 215% |
| PB | 704.078 | 808.146 | 104.068 | 15% | 63.671.653 | 200.346.230 | 136.674.577 | 215% |
| PE | 1.890.708 | 2.488.426 | 597.718 | 32% | 96.610.208 | 609.040.294 | 512.430.087 | 530% |
| PI | 574.746 | 772.880 | 198.133 | 34% | 34.260.191 | 116.142.064 | 81.881.873 | 239% |
| PR | 2.433.156 | 2.758.083 | 324.927 | 13% | 118.662.003 | 82.045.937 | (36.616.066) | -31% |
| RJ | 7.351.667 | 7.803.462 | 451.795 | 6% | 44.754.174 | 170.250.128 | 125.495.954 | 280% |
| RN | 778.252 | 975.816 | 197.564 | 25% | 55.285.693 | 147.473.348 | 92.187.655 | 167% |
| RO | 304.975 | 329.972 | 24.997 | 8% | 14.109.618 | 68.909.871 | 54.800.254 | 388% |
| RR | 145.556 | 164.048 | 18.492 | 13% | 9.966.925 | 108.768.187 | 98.801.261 | 991% |
| RS | 3.139.809 | 3.429.727 | 289.918 | 9% | 11.595.046 | 153.643.057 | 142.048.011 | 1225% |
| SC | 1.247.599 | 1.693.447 | 445.847 | 36% | 10.210.932 | 54.902.474 | 44.691.541 | 438% |
| SE | 431.488 | 671.071 | 239.582 | 56% | 104.640.932 | 130.345.228 | 25.704.296 | 25% |
| SP | 7.766.074 | 8.248.720 | 482.647 | 6% | 98.071.032 | 845.249.548 | 747.178.516 | 762% |
| TO | 248.739 | 299.086 | 50.347 | 20% | 9.674.700 | 19.459.861 | 9.785.161 | 101% |
| Brasil | 42.881.830 | 50.148.705 | 7.266.875 | 17% | 1.523.530.079 | 5.665.070.403 | 4.141.540.324 | 272% |

Fonte: SNIS e Ministério das Cidades

Tabela A.3 – percentual de aproveitamento da água produzida

| UF | % de aproveitamento | | | | | | Quantidade de recursos federais investidos em rede geral de abastecimento de água (R\$) - data base 2003 | | | |
|---------------|---------------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|-------------------|--|----------------------|----------------------|-------------|
| | 2003 | 2006 | Varição 2003-2006 | 2008 | 2011 | Varição 2008-2011 | 2003-2006 | 2008-2011 | Diferença | Varição |
| AC | 27,46 | 27,14 | (0,32) | 31,71 | 34,94 | 3,23 | 29.912.978 | 33.269.940 | 3.356.962 | 11% |
| AL | 46,03 | 46,52 | 0,48 | 42,34 | 51,07 | 8,74 | 33.124.001 | 302.614.663 | 269.490.662 | 814% |
| AM | 64,62 | 47,01 | (17,61) | 39,83 | 50,34 | 10,50 | 5.542.235 | 291.168.156 | 285.625.921 | 5154% |
| AP | 31,94 | 27,92 | (4,02) | 26,01 | 26,73 | 0,71 | 3.961.590 | 29.555.122 | 25.593.531 | 646% |
| BA | 58,51 | 60,57 | 2,06 | 62,84 | 61,59 | (1,26) | 119.737.093 | 395.809.262 | 276.072.169 | 231% |
| CE | 54,19 | 65,06 | 10,87 | 64,57 | 60,76 | (3,81) | 194.391.538 | 707.605.111 | 513.213.573 | 264% |
| DF | 73,54 | 69,77 | (3,77) | 69,96 | 75,20 | 5,24 | 165.444.443 | 52.411.200 | (113.033.244) | -68% |
| ES | 53,83 | 60,78 | 6,95 | 62,50 | 65,34 | 2,84 | 4.482.355 | 86.210.871 | 81.728.516 | 1823% |
| GO | 67,05 | 62,34 | (4,71) | 65,64 | 68,36 | 2,73 | 33.043.961 | 143.314.169 | 110.270.209 | 334% |
| MA | 52,83 | 47,84 | (4,98) | 36,77 | 44,62 | 7,85 | 37.522.370 | 72.213.178 | 34.690.808 | 92% |
| MG | 64,75 | 66,12 | 1,37 | 66,04 | 66,78 | 0,74 | 129.137.083 | 553.313.832 | 424.176.749 | 328% |
| MS | 52,35 | 51,21 | (1,14) | 58,56 | 68,18 | 9,62 | 3.627.833 | 42.051.541 | 38.423.708 | 1059% |
| MT | 55,02 | 58,77 | 3,75 | 59,02 | 54,10 | (4,92) | 32.105.432 | 60.002.600 | 27.897.169 | 87% |
| PA | 46,48 | 65,25 | 18,76 | 56,50 | 57,23 | 0,74 | 59.984.060 | 188.954.531 | 128.970.472 | 215% |
| PB | 58,15 | 49,75 | (8,41) | 52,54 | 53,87 | 1,33 | 63.671.653 | 200.346.230 | 136.674.577 | 215% |
| PE | 35,08 | 33,39 | (1,69) | 34,14 | 34,26 | 0,11 | 96.610.208 | 609.040.294 | 512.430.087 | 530% |
| PI | 36,60 | 59,67 | 23,07 | 39,64 | 40,97 | 1,33 | 34.260.191 | 116.142.064 | 81.881.873 | 239% |
| PR | 62,07 | 63,66 | 1,59 | 66,28 | 66,88 | 0,61 | 118.662.003 | 82.045.937 | (36.616.066) | -31% |
| RJ | 52,78 | 45,85 | (6,92) | 61,16 | 67,07 | 5,91 | 44.754.174 | 170.250.128 | 125.495.954 | 280% |
| RN | 46,47 | 53,38 | 6,91 | 42,12 | 42,78 | 0,66 | 55.285.693 | 147.473.348 | 92.187.655 | 167% |
| RO | 36,72 | 42,49 | 5,77 | 37,88 | 46,25 | 8,37 | 14.109.618 | 68.909.871 | 54.800.254 | 388% |
| RR | 47,49 | 49,04 | 1,55 | 47,72 | 41,93 | (5,79) | 9.966.925 | 108.768.187 | 98.801.261 | 991% |
| RS | 57,28 | 56,26 | (1,02) | 60,08 | 65,36 | 5,28 | 11.595.046 | 153.643.057 | 142.048.011 | 1225% |
| SC | 50,71 | 56,32 | 5,61 | 67,30 | 70,41 | 3,12 | 10.210.932 | 54.902.474 | 44.691.541 | 438% |
| SE | 50,28 | 52,75 | 2,47 | 46,74 | 39,77 | (6,97) | 104.640.932 | 130.345.228 | 25.704.296 | 25% |
| SP | 58,59 | 59,27 | 0,68 | 60,22 | 62,97 | 2,75 | 98.071.032 | 845.249.548 | 747.178.516 | 762% |
| TO | 71,65 | 72,18 | 0,53 | 67,91 | 65,77 | (2,15) | 9.674.700 | 19.459.861 | 9.785.161 | 101% |
| Brasil | 55,57 | 55,87 | 0,30 | 58,54 | 60,97 | 2,43 | 1.523.530.079 | 5.665.070.403 | 4.141.540.324 | 272% |

Fonte: SNIS e Ministério das Cidades

Tabela A.4 – percentual de domicílios com rede coletora de esgoto

| UF | % de domicílios | | Quantidade média de domicílios com rede coletora (1000 unidades) | | | Quantidade de recursos federais investidos em esgotamento sanitário (R\$) | | | |
|--------------|-----------------|------------|--|--------------|------------|---|----------------------|----------------------|-------------|
| | 2003 | 2011 | 2003-2006 | 2008-2011 | Varição | 2003-2006 | 2008-2011 | Diferença | Varição |
| AC | 21% | 21% | 31 | 45 | 45% | 7.307.467 | 11.288.037 | 3.980.570 | 54% |
| AL | 4% | 21% | 51 | 125 | 143% | 32.435.052 | 83.263.723 | 50.828.671 | 157% |
| AM | 4% | 29% | 25 | 194 | 683% | 3.042.660 | 517.429 | (2.525.231) | -83% |
| AP | 5% | 4% | 4 | 6 | 47% | 1.677.517 | 3.417.961 | 1.740.444 | 104% |
| BA | 37% | 46% | 1.440 | 1.880 | 31% | 87.798.151 | 733.941.077 | 646.142.926 | 736% |
| CE | 21% | 29% | 480 | 729 | 52% | 64.935.558 | 160.620.546 | 95.684.988 | 147% |
| DF | 84% | 87% | 564 | 702 | 25% | 36.566.091 | 194.362.996 | 157.796.905 | 432% |
| ES | 54% | 74% | 565 | 717 | 27% | 16.748.690 | 138.015.689 | 121.267.000 | 724% |
| GO | 31% | 41% | 542 | 733 | 35% | 23.253.184 | 106.507.167 | 83.253.983 | 358% |
| MA | 10% | 17% | 152 | 242 | 59% | 3.370.171 | 42.528.698 | 39.158.527 | 1162% |
| MG | 73% | 77% | 4.092 | 4.811 | 18% | 217.965.446 | 565.978.559 | 348.013.113 | 160% |
| MS | 10% | 30% | 72 | 178 | 146% | 7.381.736 | 137.091.375 | 129.709.640 | 1757% |
| MT | 13% | 20% | 99 | 158 | 60% | 15.233.085 | 57.893.902 | 42.660.817 | 280% |
| PA | 2% | 8% | 48 | 100 | 107% | 10.281.198 | 58.610.601 | 48.329.403 | 470% |
| PB | 33% | 50% | 321 | 491 | 53% | 45.026.265 | 79.288.991 | 34.262.726 | 76% |
| PE | 36% | 51% | 821 | 1.159 | 41% | 61.884.368 | 151.254.282 | 89.369.914 | 144% |
| PI | 1% | 4% | 26 | 33 | 29% | 19.955.562 | 76.350.441 | 56.394.879 | 283% |
| PR | 44% | 54% | 1.391 | 1.882 | 35% | 121.392.435 | 163.662.741 | 42.270.306 | 35% |
| RJ | 57% | 70% | 2.927 | 3.880 | 33% | 45.670.829 | 295.405.823 | 249.734.994 | 547% |
| RN | 14% | 16% | 119 | 149 | 25% | 19.732.713 | 127.397.536 | 107.664.823 | 546% |
| RO | 4% | 3% | 10 | 17 | 76% | 6.489.299 | 33.136.389 | 26.647.090 | 411% |
| RR | 10% | 13% | 9 | 16 | 81% | 2.630.737 | 62.694.844 | 60.064.107 | 2283% |
| RS | 13% | 26% | 429 | 749 | 74% | 5.641.595 | 420.166.757 | 414.525.163 | 7348% |
| SC | 17% | 23% | 267 | 506 | 90% | 18.907.950 | 151.762.321 | 132.854.371 | 703% |
| SE | 38% | 36% | 206 | 235 | 15% | 15.290.898 | 52.222.295 | 36.931.398 | 242% |
| SP | 86% | 91% | 10.284 | 11.905 | 16% | 207.811.057 | 848.916.277 | 641.105.220 | 309% |
| TO | 5% | 16% | 21 | 60 | 189% | 12.290.438 | 3.139.117 | (9.151.321) | -74% |
| Total | 48% | 55% | 24991 | 31697 | 27% | 1.110.720.150 | 4.759.435.576 | 3.648.715.426 | 328% |

Fonte: PNAD e Ministério das Cidades

Tabela A.5 – Volume de esgoto coletado e tratado

| UF | % de domicílios | | Volume de esgoto coletado (1.000 m ³) | | | | Volume de esgoto tratado (1.000 m ³) | | | |
|--------------|-----------------|------------|---|-------------------|----------------|------------|--|-------------------|------------------|------------|
| | 2003 | 2011 | 2003-2006 | 2008-2011 | Diferença | Variação | 2003-2006 | 2008-2011 | Diferença | Variação |
| AC | 21% | 21% | 16552 | 13247 | (3.304) | -20% | 2086 | 9148 | 7.062 | 339% |
| AL | 4% | 21% | 75858 | 60437 | (15.420) | -20% | 74529 | 55411 | (19.118) | -26% |
| AM | 4% | 29% | 62304 | 122372 | 60.067 | 96% | 24671 | 114958 | 90.287 | 366% |
| AP | 5% | 4% | 6093 | 4172 | (1.921) | -32% | 5728 | 4020 | (1.708) | -30% |
| BA | 37% | 46% | 900023 | 846226 | (53.797) | -6% | 831864 | 751668 | (80.195) | -10% |
| CE | 21% | 29% | 326950 | 397091 | 70.141 | 21% | 323679 | 384356 | 60.677 | 19% |
| DF | 84% | 87% | 399498 | 450581 | 51.084 | 13% | 331861 | 450581 | 118.720 | 36% |
| ES | 54% | 74% | 155250 | 284757 | 129.507 | 83% | 106942 | 207428 | 100.486 | 94% |
| GO | 31% | 41% | 354396 | 468843 | 114.447 | 32% | 210899 | 389643 | 178.744 | 85% |
| MA | 10% | 17% | 134460 | 221386 | 86.926 | 65% | 19423 | 47704 | 28.282 | 146% |
| MG | 73% | 77% | 1630226 | 2188337 | 558.111 | 34% | 431198 | 853430 | 422.232 | 98% |
| MS | 10% | 30% | 67372 | 107551 | 40.179 | 60% | 61592 | 106769 | 45.177 | 73% |
| MT | 13% | 20% | 111404 | 91027 | (20.377) | -18% | 78174 | 68195 | (9.979) | -13% |
| PA | 2% | 8% | 14255 | 23010 | 8.755 | 61% | 3437 | 8574 | 5.136 | 149% |
| PB | 33% | 50% | 131241 | 173001 | 41.760 | 32% | 130104 | 159699 | 29.596 | 23% |
| PE | 36% | 51% | 247552 | 246580 | (972) | 0% | 212266 | 239157 | 26.891 | 13% |
| PI | 1% | 4% | 21234 | 24418 | 3.184 | 15% | 21234 | 23948 | 2.714 | 13% |
| PR | 44% | 54% | 757882 | 1066090 | 308.208 | 41% | 690277 | 1042375 | 352.099 | 51% |
| RJ | 57% | 70% | 1891960 | 2365450 | 473.490 | 25% | 1445194 | 1691347 | 246.154 | 17% |
| RN | 14% | 16% | 87837 | 105641 | 17.804 | 20% | 59674 | 85981 | 26.307 | 44% |
| RO | 4% | 3% | 9957 | 9301 | (656) | -7% | 5763 | 5605 | (158) | -3% |
| RR | 10% | 13% | 15517 | 15450 | (67) | 0% | 15517 | 15450 | (67) | 0% |
| RS | 13% | 26% | 471957 | 608509 | 136.552 | 29% | 211573 | 270839 | 59.266 | 28% |
| SC | 17% | 23% | 102622 | 177492 | 74.870 | 73% | 100589 | 172838 | 72.249 | 72% |
| SE | 38% | 36% | 42640 | 60394 | 17.754 | 42% | 42640 | 58552 | 15.912 | 37% |
| SP | 86% | 91% | 5553166 | 7383629 | 1.830.463 | 33% | 2704295 | 4569045 | 1.864.750 | 69% |
| TO | 5% | 16% | 10850 | 25155 | 14.306 | 132% | 10804 | 25144 | 14.340 | 133% |
| Total | 48% | 55% | 13.599.055 | 17.540.149 | 3941094 | 29% | 8.156.012 | 11.811.868 | 3.655.856 | 45% |

Fonte: SNIS

Tabela A.6 – indicador de saneamento

| UF | Indicador de saneamento | | | | | | Desembolsos federais (data base 2003) | | |
|---------------|-------------------------|--------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------|
| | 2003 | 2006 | Variação 2003-2006 | 2008 | 2011 | Variação 2008-2011 | 2003-2006 | 2008-2011 | Variação |
| AC | 0,00 | 21,58 | - | 24,52 | 43,91 | 79% | 37.220.445 | 44.557.977 | 20% |
| AL | 32,42 | 39,65 | 22% | 44,40 | 51,55 | 16% | 65.559.053 | 385.878.386 | 489% |
| AM | 27,89 | 27,27 | -2% | 46,74 | 55,62 | 19% | 8.584.896 | 291.685.585 | 3298% |
| AP | 31,63 | 22,32 | -29% | 30,18 | 27,70 | -8% | 5.639.107 | 32.973.083 | 485% |
| BA | 61,27 | 64,67 | 6% | 67,82 | 67,57 | 0% | 207.535.244 | 1.129.750.339 | 444% |
| CE | 53,47 | 58,22 | 9% | 62,67 | 60,04 | -4% | 259.327.096 | 868.225.657 | 235% |
| DF | 78,39 | 84,69 | 8% | 86,90 | 88,98 | 2% | 202.010.534 | 246.774.196 | 22% |
| ES | 60,48 | 66,48 | 10% | 67,30 | 73,63 | 9% | 21.231.045 | 224.226.560 | 956% |
| GO | 48,31 | 58,94 | 22% | 62,27 | 67,06 | 8% | 56.297.144 | 249.821.336 | 344% |
| MA | 25,31 | 27,88 | 10% | 29,03 | 33,11 | 14% | 40.892.541 | 114.741.875 | 181% |
| MG | 57,44 | 58,00 | 1% | 64,09 | 66,07 | 3% | 347.102.529 | 1.119.292.391 | 222% |
| MS | 44,70 | 48,55 | 9% | 54,38 | 64,89 | 19% | 11.009.569 | 179.142.917 | 1527% |
| MT | 44,81 | 40,91 | -9% | 47,07 | 51,75 | 10% | 47.338.516 | 117.896.502 | 149% |
| PA | 27,60 | 19,93 | -28% | 21,67 | 32,70 | 51% | 70.265.258 | 247.565.133 | 252% |
| PB | 62,19 | 60,01 | -3% | 63,44 | 66,09 | 4% | 108.697.918 | 279.635.221 | 157% |
| PE | 49,25 | 55,81 | 13% | 57,77 | 60,14 | 4% | 158.494.576 | 760.294.576 | 380% |
| PI | 22,22 | 35,20 | 58% | 29,44 | 33,70 | 14% | 54.215.753 | 192.492.505 | 255% |
| PR | 65,58 | 70,74 | 8% | 74,23 | 75,07 | 1% | 240.054.437 | 245.708.678 | 2% |
| RJ | 66,45 | 65,84 | -1% | 72,98 | 71,28 | -2% | 90.425.003 | 465.655.951 | 415% |
| RN | 43,31 | 48,19 | 11% | 50,51 | 46,63 | -8% | 75.018.406 | 274.870.884 | 266% |
| RO | 29,28 | 23,96 | -18% | 23,67 | 23,73 | 0% | 20.598.917 | 102.046.260 | 395% |
| RR | 46,35 | 47,46 | 2% | 47,00 | 46,89 | 0% | 12.597.662 | 171.463.030 | 1261% |
| RS | 41,34 | 41,10 | -1% | 43,69 | 50,90 | 17% | 17.236.641 | 573.809.815 | 3229% |
| SC | 50,84 | 47,36 | -7% | 61,99 | 59,94 | -3% | 29.118.882 | 206.664.795 | 610% |
| SE | 63,83 | 61,45 | -4% | 61,23 | 58,37 | -5% | 119.931.830 | 182.567.524 | 52% |
| SP | 68,94 | 70,79 | 3% | 74,05 | 77,10 | 4% | 305.882.088 | 1.694.165.825 | 454% |
| TO | 41,23 | 48,00 | 16% | 53,54 | 53,73 | 0% | 21.965.137 | 22.598.978 | 3% |
| Brasil | 59,36 | 60,74 | 2,34% | 64,18 | 66,30 | 3,31% | 2.634.250.229 | 10.424.505.979 | 296% |

Fonte: Ministério das Cidades, PNAD e SNIS

Tabela A.7. Estimação da ineficiência técnica

| Estimação | reg_01 | reg_02 | reg_03 | reg_04 | reg_05 | reg_06 |
|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| lfederal | 1.765*** (0.058) | 3.081*** (0.138) | 3.070*** (0.150) | 2.000*** (0.063) | 1.960*** (0.145) | 2.380*** (0.153) |
| lestadual | 0.269*** (0.038) | 1.832*** (0.111) | 1.674*** (0.115) | 0.099*** (0.038) | 0.204* (0.122) | 0.090 (0.125) |
| lmunicipal | 1.763*** (0.122) | 3.809*** (0.161) | 4.785*** (0.305) | 0.711*** (0.144) | 0.636*** (0.201) | -1.928*** (0.372) |
| lmun_fed | | -0.473*** (0.045) | -0.333*** (0.054) | | 0.049 (0.047) | -0.104* (0.054) |
| lmun_est | | -0.469*** (0.038) | -0.388*** (0.041) | | -0.011 (0.041) | 0.037 (0.043) |
| lest_fed | | -0.076*** (0.019) | -0.091*** (0.021) | | -0.041** (0.019) | -0.051** (0.022) |
| lfederal2 | | | -0.126*** (0.020) | | | -0.117*** (0.020) |
| lestadual2 | | | 0.055*** (0.011) | | | 0.032*** (0.011) |
| lmunicipal2 | | | -0.343*** (0.069) | | | 0.537*** (0.075) |
| llogescolaridade | | | | 8.739*** -1.174 | 8.747*** -1.203 | 10.026*** -1.185 |
| llogpop_mil | | | | 0.768** (0.343) | 0.778** (0.346) | 0.598* (0.326) |
| Time dummies | | | | | | |
| xi1 | 1.000** (0.493) | 1.000*** (0.347) | 1.000*** (0.347) | 1.000*** (0.334) | 1.000*** (0.331) | 1.000*** (0.309) |
| xi2 | 1.019** (0.502) | 1.016*** (0.352) | 1.017*** (0.353) | 1.007*** (0.337) | 1.007*** (0.334) | 1.011*** (0.313) |
| xi3 | 1.032** (0.508) | 1.024*** (0.355) | 1.025*** (0.356) | 0.993*** (0.333) | 0.992*** (0.330) | 1.001*** (0.310) |
| xi4 | 1.034** (0.510) | 1.023*** (0.355) | 1.025*** (0.356) | 1.010*** (0.339) | 1.007*** (0.335) | 1.019*** (0.316) |
| xi5 | 1.069** (0.527) | 1.062*** (0.368) | 1.066*** (0.370) | 1.066*** (0.356) | 1.063*** (0.353) | 1.073*** (0.333) |
| xi6 | 1.022** (0.504) | 1.016*** (0.352) | 1.023*** (0.355) | 0.986*** (0.332) | 0.983*** (0.328) | 1.010*** (0.314) |
| xi7 | 1.069** (0.527) | 1.066*** (0.370) | 1.076*** (0.373) | 1.036*** (0.349) | 1.034*** (0.345) | 1.065*** (0.331) |
| xi8 | 1.108** (0.546) | 1.107*** (0.384) | 1.120*** (0.389) | 1.089*** (0.366) | 1.086*** (0.362) | 1.107*** (0.344) |
| obs | 213.000 | 213.000 | 213.000 | 213.000 | 213.000 | 213.000 |
| sigma_u | 16.377 | 16.122 | 16.216 | 15.139 | 15.144 | 15.165 |
| sigma_v | 5.362 | 5.246 | 5.228 | 4.928 | 4.926 | 4.900 |

Nota: * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

reg_01: regressão com variáveis defasadas e sem controles

reg_02: regressão com variáveis defasadas, com interações e sem controles

reg_03: regressão com variáveis defasadas, interações e termos quadráticos, sem controles

reg_04: regressão com variáveis defasadas e com controles

reg_05: regressão com variáveis defasadas, com interações e com controles

reg_06: regressão com variáveis defasadas, interações e termos quadráticos, com controles

Tabela A.8. Explicação da ineficiência técnica

| Estimação | eq01 | eq02 | eq03 |
|---------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Indicaneamento0 | -0.767*** (0.043) | -0.447*** (0.071) | -0.530*** (0.010) |
| dumpac | 1.046 (0.850) | 2.613*** (0.742) | 1.075*** (0.128) |
| gov | -0.933*** (0.300) | -4.867*** -1.118 | -1.998*** (0.075) |
| Renda domiciliar | | -0.013*** (0.004) | |
| Total de domicílios | | 0.002*** (0.000) | |
| (mean) chuva_100 | | 1.050*** (0.289) | |
| (mean) altitude | | -0.025*** (0.005) | |
| (mean) area_urbkm2 | | 0.081*** (0.019) | |
| rural | | 0.359*** (0.111) | |
| (mean) ch_cana | | -241.823*** -77.701 | |
| (mean) ch_ouro | | 377.194*** -127.704 | |
| (mean) sarg | | 106.745*** -15.729 | |
| (mean) scambi | | 32.232** -15.513 | |
| (mean) scherno | | -152.143* -83.770 | |
| (mean) sespondo | | -308.397*** -98.309 | |
| (mean) sglei | | 697.919*** -149.729 | |
| (mean) slat | | 117.574*** -21.490 | |
| (mean) sluvi | | 101.172*** -20.128 | |
| (mean) sneo | | 188.011*** | |

| Estimação | eq01 | eq02 | eq03 |
|---------------|------|-------------|-----------|
| | | -31.012 | |
| (mean) snit | | 31.704*** | |
| | | -12.258 | |
| (mean) splan | | 79.141*** | |
| | | -13.633 | |
| (mean) splint | | -203.189*** | |
| | | -57.423 | |
| municipios | | 0.010* | |
| | | (0.005) | |
| dmu==AL | | | 2.587*** |
| | | | (0.525) |
| dmu==AM | | | 2.688*** |
| | | | (0.553) |
| dmu==AP | | | 18.143*** |
| | | | (0.846) |
| dmu==BA | | | -3.178*** |
| | | | (0.274) |
| dmu==CE | | | 0.403 |
| | | | (0.314) |
| o.dmu==DF | | | 0.000 |
| | | | (0.000) |
| dmu==ES | | | -4.856*** |
| | | | (0.240) |
| dmu==GO | | | -3.922*** |
| | | | (0.326) |
| dmu==MA | | | 11.293*** |
| | | | (0.671) |
| dmu==MG | | | 2.326*** |
| | | | (0.290) |
| dmu==MS | | | 2.048*** |
| | | | (0.389) |
| dmu==MT | | | 11.221*** |
| | | | (0.465) |
| dmu==PA | | | 18.124*** |
| | | | (0.708) |
| dmu==PB | | | -1.275*** |
| | | | (0.283) |
| dmu==PE | | | -0.242 |
| | | | (0.353) |
| dmu==PI | | | 6.562*** |
| | | | (0.694) |
| dmu==PR | | | -4.079*** |
| | | | (0.222) |
| dmu==RJ | | | 1.539*** |
| | | | (0.230) |
| dmu==RN | | | 4.674*** |

| Estimação | eq01 | eq02 | eq03 |
|-----------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| | | | (0.446) |
| dmu==RO | | | 22.156*** (0.726) |
| dmu==RR | | | 11.100*** (0.471) |
| dmu==RS | | | 9.246*** (0.488) |
| dmu==SC | | | 3.492*** (0.357) |
| o.dmu==SE | | | 0.000 (0.000) |
| dmu==SP | | | -0.875*** (0.243) |
| dmu==TO | | | 0.889** (0.432) |
| Constant | 65.531*** -1.939 | -61.646*** -22.838 | 52.837*** (0.574) |
| R-squared | 0.845 | 0.947 | 0.995 |
| N | 213.000 | 213.000 | 213.000 |

Nota: * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

eq_01: regressão de u_{it} sem controles

eq_02: regressão de u_{it} com controles – proxy de var. institucionais

eq_03: regressão de u_{it} com controles – dummies de estados

Estimação com mínimos quadrados iterativos (Lee,1991)

Considere y_{it} o produto, x_{it} o conjunto de insumos, β o conjunto de parâmetros aplicáveis aos insumos, o subscrito i denota as unidades produtoras e o subscrito t denota o tempo. O componente u_{it} representa o termo de ineficiência da unidade de produção. O componente v_{it} é o termo aleatório, também chamado de ruído estatístico, e é independente e identicamente distribuído, com média zero e variância σ_v^2 . O modelo em consideração é dado por:

$$y_{it} = \alpha_t + x_{it} \beta + v_{it} - u_{it} = \alpha_{it} + x_{it} \beta + v_{it}$$

Em que $\alpha_{it} = \alpha_t - v_{it}$, sendo α_t o intercepto da fronteira, $\hat{\alpha} = \max_j \alpha_{jt}$, $j = 1, \dots, N$, e $\hat{u}_{it} = \hat{\alpha}_t - \hat{\alpha}_{it}$.

Considera-se que $\alpha_{it} = \theta_t \cdot \delta_i$, em que θ_t são dummies de tempo. O modelo fica dessa forma:

$$y_{it} = x'_{it} \cdot \beta + \theta_t \cdot \delta_i + v_{it}$$

Para as T observações, o modelo é dado por:

$$y_i = x_i \cdot \beta + \xi \cdot \delta_i + v_i$$

Em que $y_i = (y_{i1}, \dots, y_{iT})'$, $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{iT})'$, $v_i = (v_{i1}, \dots, v_{iT})'$ e $\xi = (1, \theta'_2, \dots, \theta'_T)$. No caso de efeitos fixos, estimam-se β, θ, δ e σ_v^2 . Considerando agora a notação para projeções, define-se:

$$P_\xi = \xi(\xi'\xi)^{-1} \xi' \text{ e } M_\xi = I_T - P_\xi$$

Portanto,

$$M_\xi y_i = M_\xi X_i \beta + M_\xi v_i$$

A soma dos quadrados dos erros (SSE) é dada por:

$$SSE(\beta, \xi) = \sum (M_\xi y_i - M_\xi X_i \beta)' (M_\xi y_i - M_\xi X_i \beta)$$

Como ξ não é conhecido, não é possível estimar por mínimos quadrados ordinários. Porém, procede-se de forma análoga estimando $\hat{\beta}$ e $\hat{\xi}$ como os valores que minimizam a soma dos quadrados dos erros. Lee (1991) mostra que $\hat{\beta}$ é dado por:

$$\hat{\beta} = \left(\sum_i X'_i \hat{M}_\xi X_i \right)^{-1} \sum_i X'_i \hat{M}_\xi y_i$$

Em que \hat{M}_ξ indica que M_ξ foi avaliado em $\xi = \hat{\xi}$.

Com $\hat{\beta}$ e $\hat{\xi}$, estimam-se $\hat{\delta}_i, \hat{\alpha}_{it}$ e \hat{u}_{it} por:

$$\hat{\delta}_i = \hat{\xi}'(y_i - X_i \hat{\beta}) / \hat{\xi}' \hat{\xi} ; \hat{\alpha}_{it} = \hat{\theta}_t \cdot \hat{\delta}_i ; \text{ e } \hat{u}_{it} = \hat{\alpha}_t - \hat{\alpha}_{it}.$$