

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Ariele Lorena Barbosa da Hora^{a*}, Eduardo Shimoda^b,
Henrique Rego Monteiro da Hora^c, Helder Gomes Costa^d

^a*Universidade Estácio de Sá - UNESA, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil*

^b*Universidade Cândido Mendes - UCAM-Campos, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil*

^c*Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, Bom Jesus do Itabapoana-RJ, Brasil*

^d*Universidade Federal Fluminense - UFF. Niterói-RJ, Brasil*

Resumo

A água constitui um recurso natural limitado e um bem público fundamental para a vida e para a saúde. O serviço de fornecimento de água e esgotamento sanitário é definido como saneamento básico e visa suprir a população com água potável própria para o consumo e serviço de coleta e tratamento de esgoto, de modo a não prejudicar o ambiente. Este trabalho tem como objetivo a avaliação da eficiência dos serviços de saneamento básico nos municípios do estado do Rio de Janeiro, verificando as hipóteses sobre a correlação da eficiência com a renda do município, a concentração da população em zona urbana ou rural e a proximidade do município com a capital Rio de Janeiro. Para tal, são utilizados dados públicos do Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento (SNIS), e dados do censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A técnica da Análise Envoltória de Dados (DEA) é aplicada, e o resultado é correlacionado com as variáveis de interesse, e testes de hipótese são aplicados. Vários municípios possuem desempenho pífio por ausência de serviço de esgotamento sanitário, mas os resultados apontam que nem sempre a proximidade com a capital é relevante para a eficiência dos serviços de água e esgoto. Estatisticamente comprova-se que a população urbana possui melhores serviços de água e esgoto do que a população rural e que a renda do município, expressa pelo indicador do PIB per capita, de nenhum modo influencia a eficiência dos serviços avaliados.

Palavras-Chave: Análise Envoltória de Dados, Saneamento Básico, Rio de Janeiro.

Abstract

Water is a limited natural resource and a public good fundamental for both life and health. The water supply and basic sanitation services aims at supplying the population with safe drinking water and sanitary sewerage collection and treatment, in such a way the environment it not jeopardized. The objective of this research is to evaluate the efficiency of the water supply and basic sanitation services in the cities in the state of Rio de Janeiro, verifying the hypothesis regarding the correlation between efficiency and the city income, the concentration of population in either the urban or rural areas of the city, and the city proximity to the state capital: Rio de Janeiro city. For that sake, the Brazilian public data used was collected from both the National Information System on Water and Sanitation, and the 2010 census from the Brazilian Institute of Geography and Statistics. The Data Envelopment Analysis (DEA) technique is used and the result is correlated to the interest variables, hypothesis tests are also applied. Several cities show inconsequential performance due to the lack of sanitation services, but the results indicate that the proximity to the capital city is not always relevant to the efficiency of the water supply and sanitation services. It is statistically proved that the urban population does have better services of both water supply and sanitary sewerage services in comparison to the rural population and that the city income, expressed by the per capita GDP indicator, does not influence the efficiency of the evaluated services at all.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Water Supply and Basic Sanitation, Rio de Janeiro.

*Autor para correspondência: e-mail: ariele.barbosa@gmail.com

1. Introdução

A água constitui um recurso natural limitado e um bem público fundamental para a vida e a saúde. O direito humano a água é indispensável para a manutenção da vida com dignidade humana, sendo ela um pré-requisito para a concretização de outros direitos humanos (UN, 2002).

Em 2000, 189 nações firmaram um compromisso para combater os principais males que afligem a humanidade. Esta promessa acabou se concretizando nos “Oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio” (ODM) da ONU, também conhecidos no Brasil como “Oito Jeitos de Mudar o Mundo”, que deverão ser alcançados até 2015 (ONU, 2000). Em 2010, o mundo renovou o compromisso para acelerar o progresso em direção ao cumprimento desses objetivos.

A terceira meta para o objetivo sete é reduzir pela metade (baseado em dados de 1990), até 2015, a proporção da população sem acesso permanente e sustentável a água potável segura e esgotamento sanitário básico (ONU, 2000).

O reconhecimento da água e do saneamento como direito humano pela Assembleia Geral da ONU em 2010 (ONU, 2010) também serviu para dar ímpeto político nos esforços para fornecer serviços tão vitais a todos. Muitos países e agências têm se juntado à parceria “Saneamento e Água para Todos” e à “Campanha Quinquenal para o Saneamento Sustentável até 2015”. Tais esforços coletivos representam uma promessa e servem de motivação para que todos participem e contribuam (WHO; UNICEF, 2012).

Embora em 2008 apenas 33 municípios brasileiros ainda não tinham acesso ao serviço de abastecimento de água, 2.495 municípios não tinham acesso à rede coletora de esgoto, sendo as regiões norte e nordeste as mais prejudicadas (RODRIGUES, 2011). Para Heller (1998) há uma estreita relação entre o acesso a redes de esgotamento sanitário e a saúde pública, considerando-a um indicador de nível de desenvolvimento de um país.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento no Brasil (PNSB) realizada em 2008, a proporção de domicílios com acesso à rede de esgoto no Brasil aumentou de 33,5% em 2000 para 45,7% em 2008; sendo a abrangência por região: 69,8% na região sudeste, 33,7% na região centro-oeste, 30,2% na região sul, 29,1% na região nordeste e 3,5% na região norte. As soluções alternativas adotadas pelos domicílios que não possuem acesso a rede de esgoto são fossas sépticas, sumidouros, fossas rudimentares ou secas, valas a céu aberto e lançamento direto em corpos d'água (RODRIGUES, 2011).

Mediante a importância do acesso da população à água potável bem como ao esgotamento sanitário, justifica-se a necessidade de avaliar a eficiência dos serviços de fornecimento de água e saneamento, e a engenharia de produção possui o ferramental pertinente para o desempenho de tal tarefa.

Por conseguinte, declara-se como problema desta pesquisa, para servir como questão a ser solucionada, a seguinte indagação: “Quão eficiente é o fornecimento de água e esgoto no estado do Rio de Janeiro?”.

Quando se fala em resultado de uma empresa, imagina-se logo o resultado financeiro por ela gerado, sendo que intuitivamente todos tendem a pensar que a mais eficiente é aquela que conseguiu gerar o maior lucro, por exemplo. Ao se avaliar empresas prestadoras de serviços públicos, em especial as companhias de saneamento, onde a presença do Estado no controle do capital ainda é significativa, medir a eficiência dessas empresas apenas pelos índices financeiros pode não ser a melhor alternativa. Isto porque essas empresas, mesmo quando não estatais, são sempre reguladas por diferentes governanças e os preços de mercado, quando existem, são raramente comparáveis (CASTRO, 2003, p. 27–28).

Logo, de modo a direcionar os procedimentos metodológicos bem como definir o escopo de atuação desta pesquisa, são definidas as seguintes hipóteses a serem confirmadas ou refutadas no desenvolvimento deste trabalho:

- **H₁** Quanto maior o PIB *per capita* de um município, maior será a eficiência dos serviços de saneamento prestados;
- **H₂** A eficiência dos serviços de saneamento possui relação com a predominância da população do município: urbana ou rural.

Define-se como objetivo desta pesquisa a avaliação da eficiência dos municípios na oferta de serviços de saneamento básico (fornecimento de água e coleta de esgoto) no estado do Rio de Janeiro.

Castro (2003) aponta a metodologia da análise envoltória dos dados como ferramenta confiável para avaliar a eficiência das empresas de saneamento básico com os dados disponibilizados no SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012).

2. Saneamento

Rodrigues (2011) define saneamento como sendo constituído por quatro serviços: I) rede de abastecimento de água; II) rede coletora de esgoto; III) manejo de resíduos sólidos e; IV) manejo de águas pluviais.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

A Fundação Nacional da Saúde define saneamento ambiental como “o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar Salubridade Ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural” (FUNASA, 2006)

Já o Programa de Monitoramento Conjunto para Fornecimento de Água e Saneamento (WHO; UNICEF, 2012) define saneamento básico como a tecnologia de custo mínimo que garanta o controle de fatores do meio físico que possam exercer efeitos deletérios sobre a saúde do ser humano, incluindo o esgotamento sanitário higiênico e o descarte de resíduos de esgoto de maneira que o ambiente em que vivem tanto o indivíduo quanto sua vizinhança seja conservado limpo e saudável.

O acesso à água deve proporcionar melhor qualidade de vida às pessoas, sendo considerada potável quando apta a ser usada para alimentação, higiene e prevenção de doenças. Bem como o destino dos efluentes de esgotamento sanitário tem como objetivo fundamental a prevenção de doenças, além de evitar a contaminação do solo e de mananciais de água (FUNASA, 2006).

De acordo com Borja *et al.* (2005 *apud* MOTA *et al.*, 2012) o saneamento é uma meta comum diante de sua essencialidade à vida humana e à preservação do meio ambiente, evidenciando seu caráter público e o dever do governo em promovê-lo, sendo um bem social que integra políticas públicas e sociais.

A persistência da problemática do saneamento no quadro da saúde, especialmente em países em desenvolvimento, tem forte ligação com o fato de a população socioeconomicamente mais vulnerável ser justamente aquela excluída dos benefícios do desenvolvimento, evidenciando que países com melhores coberturas por saneamento e abastecimento de água possuem populações mais saudáveis, sendo este um indicador de nível de desenvolvimento por si próprio (HELLER, 1998).

Assim, o direito ao saneamento e à água se confunde ao direito ao meio ambiente e à qualidade de vida, em busca ao acesso à própria cidadania e a diminuição das desigualdades na sociedade (IBGE, 2011).

2.1. Saneamento e fornecimento de água na humanidade

A importância do saneamento e sua relação com a saúde humana remontam a culturas bastante antigas, desenvolvendo-se quando da evolução das civilizações e retrocedendo quando do declínio das mesmas. A construção de aquedutos, banhos públicos, termas e esgotos foram exemplos de práticas sanitárias coletivas marcantes da civilização romana, por outro lado, a falta de difusão dos conhecimentos de saneamento e o pouco uso da água durante a Idade Média levaram a sucessivas epidemias em muitas cidades europeias. Desse modo, a relação entre saneamento e doença deve ser entendida como um problema coletivo (FUNASA, 2006).

Os “Oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio”, o Programa de Monitoramento Conjunto para Fornecimento de Água e Saneamento publicou relatório informando que a meta de acesso sustentável à água potável segura foi alcançada em 2010, cinco anos antes do prazo final. Desse modo, de 1990 a 2010, mais de 2 bilhões de pessoas passaram a ter acesso a fontes mais adequadas de água potável. Apesar de este dado ser motivo para celebração, ressalta-se que cerca de 780 milhões de pessoas permaneciam desprovidas de tal serviço.

É semelhantemente relevante citar que cerca de 1,8 bilhões de pessoas passaram a ter acesso a melhores formas de saneamento básico desde 1990, deixando 2,5 bilhões de pessoas ainda desprovidas. Se tal tendência se mantiver, estima-se que em 2015 cerca de 2,4 bilhões de pessoas continuarão sem acesso a instalações melhoradas de esgotamento sanitário. Reconhece-se, no entanto, que a segurança da qualidade da água potável e a sustentabilidade das fontes de suprimento de água e das instalações para esgotamento sanitário podem ser questionadas (WHO; UNICEF, 2012).

2.2. Saneamento e fornecimento de água no Brasil

O Brasil detém aproximadamente 13% de toda água doce disponível no planeta, contudo, cerca de 70% desta quantidade está localizada na bacia amazônica onde residia apenas cerca de 7% da população; enquanto que na região Sudeste, onde está localizada apenas de 6% da água doce disponível do país residiam 42% da população nacional (ANÁLISE..., 1998 *apud* OLIVEIRA, 2004).

Nas décadas de 1970 e 1980, o principal impulsionador dos investimentos nas áreas de abastecimento de água e esgotamento sanitário foi a visão dos países desenvolvidos de que avanços nestas áreas resultariam na redução das taxas de mortalidade (SOARES; BERNARDES; CORDEIRO NETTO, 2002 *apud* LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011). O

Plano Nacional de Saneamento foi consolidado neste período, porém dando mais ênfase aos índices de abastecimento de água do que à coleta ou ao tratamento do esgoto.

Briscoe (1985 *apud* HELLER, 1998) sugere que os efeitos do abastecimento de água e do esgotamento sanitário podem parecer reduzidos a curto prazo, mas que seu efeito sobre a saúde a longo prazo é superior ao da medicina curativa.

No Brasil, o quadro epidemiológico tem se agravado devido à falta ou inadequação do saneamento causar, principalmente nos bolsões de pobreza, doenças como diarreia, cólera, dengue, esquistossomose e leptospirose. Investir em saneamento é a única forma de reverter tal quadro. O Ministério da Saúde afirma que para cada R\$ 1,00 (um real) investido no setor de saneamento, R\$ 4,00 (quatro reais) são economizados na área de medicina curativa (FUNASA, 2006).

A desigualdade no acesso da população brasileira à universalização da rede de abastecimento de água, coleta de esgoto e manejo de resíduos sólidos ainda é um grande desafio para ambos o governo e a sociedade, apesar de tais serviços constituírem um parâmetro mundial de qualidade de vida (IBGE, 2011).

Para que o saneamento seja usado como instrumento de promoção da saúde, os entraves tecnológicos, políticos e gerenciais precisam ser superados a fim de estender seus benefícios aos residentes de áreas rurais e localidades de pequeno porte ou baixa renda (FUNASA, 2006). Apesar de em 2010 o Brasil já ter atendido a meta da ONU com relação ao acesso à água tratada, vale ressaltar que cerca de 11,4 milhões de brasileiros ainda não consumiam água potável de qualidade, sendo necessário um investimento de mais de 6,9 bilhões de dólares para suprir esta necessidade (HUTTON, 2012).

Em 2010, 44% da população rural e 85% da população urbana do Brasil tinham acesso a saneamento básico. Apesar de mais de 32 milhões de brasileiros não possuírem acesso a saneamento básico naquele ano, faltaria atender pelo menos cerca de 15,5 milhões de brasileiros para atingir a meta da ONU. O custo estimado para tal seria de aproximadamente 2,8 bilhões de dólares para atender a meta e 9,3 bilhões de dólares para cobrir toda a população carente deste serviço (HUTTON, 2012).

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (IBGE, 2010) apontou que em 14,9% dos municípios brasileiros não havia abastecimento de água por rede geral, sendo tal falta compensada pelo uso de alternativas como poços, carros-pipa, cisternas, bicas, etc. A mesma pesquisa mostrou que 99,4% dos municípios brasileiros teriam acesso a serviço de abastecimento de água. No entanto, em 6,2 % dos municípios do país a água distribuída era

parcialmente tratada e em outros 6,6% não recebia nenhum tratamento. Em 47% dos pontos monitorados em regiões urbanas a água fornecida era péssima ou ruim (THOMÉ, 2012 *apud* BRZEZINSKI, 2012).

Complementarmente, o Atlas do Saneamento (IBGE, 2011) mostrou que embora em 2008 apenas 33 municípios brasileiros ainda não tinham acesso ao serviço de abastecimento de água, 2.495 municípios não tinham acesso à rede coletora de esgoto, sendo as regiões norte e nordeste as mais prejudicadas.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento no Brasil, a proporção de domicílios com acesso à rede de esgoto no Brasil aumentou de 33,5% em 2000 para 45,7% em 2008; sendo a abrangência por região: 69,8% na região sudeste, 33,7% na região centro-oeste, 30,2% na região sul, 29,1% na região nordeste e 3,5% na região norte. As soluções alternativas adotadas pelos domicílios que não possuem acesso a rede de esgoto são fossas sépticas, sumidouros, fossas rudimentares ou secas, valas a céu aberto e lançamento direto em corpos d'água (IBGE, 2011).

A água constitui fator indispensável à vida, saúde pública e desenvolvimento socioeconômico que se torna cada dia mais disputado. Não somente pela poluição, mas principalmente pela crescente demanda, ineficiência e desperdício. Desse modo, tanto o abastecimento de água potável quanto o esgotamento sanitário devem ser vistos como direito e necessidade fundamentais à manutenção da vida humana na Terra (VARGAS, 2005).

Quando se considera o conceito de desenvolvimento urbano como o direito a uma vida saudável e longa bem como o acesso a informações e recursos que permitam a melhoria de suas condições de vida, percebe-se que tal progresso entra em choque com o conceito de crescimento econômico (OLIVEIRA, 2004).

Uma vez que o objetivo principal dos serviços de saneamento básico é a manutenção da vida, tais serviços devem ser considerados um direito de todos, conforme rege a Constituição de 1988. Se o Estado se omitir diante desta responsabilidade, falhará no cumprimento da constituição que visa reger e proteger a sociedade brasileira (OLIVEIRA, 2007).

2.3. Histórico do saneamento e do fornecimento de água no município do Rio de Janeiro

Antes da cidade do Rio de Janeiro ser a capital do Império, as ações realizadas na área de saneamento alcançavam áreas e obras pontuais, uma vez que não havia instituições para infraestrutura e urbanismo na época. O quadro da saúde da cidade se agravava com várias epidemias e, conseqüentemente, numerosas mortes; culminando no início de intervenções em saneamento básico, como a criação da Junta Central da Higiene Pública em 1851 e a contratação

de uma empresa na prestação de serviços de limpeza e esgoto para a cidade; bem como a Comissão Central de Saúde Pública, fazendo parte do esquadramento dos males apontados pela medicina social, inspeções sanitárias, fiscalizações dos exercícios de medicina, cirurgia e farmácia, bem como a centralização de registros de óbitos, de casos e de tratamentos; tanto no Rio de Janeiro quanto em Salvador e no Recife (MARQUES, 1995).

O Rio de Janeiro foi a terceira cidade do mundo a possuir rede de esgotos sanitários, precedida apenas por Londres e Hamburgo (SEROA DA MOTA; AZEREDO; GELMAN, 2011). Neste mesmo período as cidades de Salvador e Recife também concederam os serviços de esgoto e considerável parte da execução dos sistemas de águas ao capital estrangeiro (MARQUES, 1995).

Paralelamente, em 1861, o governo criou uma comissão para elaborar um plano de abastecimento de água para a cidade do Rio de Janeiro, que não solucionaria eficientemente o problema de falta d'água durante a década seguinte. Em 1874, quatro anos após a criação do Ministério da Agricultura, o governo imperial determinaria que a administração do serviço de abastecimento de água seria do Estado. Os primeiros sistemas dos rios Ouro e Santo Antônio seriam inaugurados pelo imperador em 1880, aos quais seriam acrescentadas posteriormente as barragens de Tinguá, Xerém e Mantiqueira. Tal sistema funcionava até então e abastecia, principalmente, a Baixada Fluminense (MARQUES, 1995).

Eventualmente, a empresa contratada para os serviços de limpeza e esgotamento sanitário no Rio de Janeiro não conseguiria acompanhar o crescimento da cidade e a qualidade dos serviços deixaria a desejar. Somente em 1924 seria criada a Inspetoria de Água e Esgoto, encarregada de executar o esgotamento sanitário de Ipanema, Urca, Lagoa Rodrigo de Freitas, Leblon e Penha; sendo substituída em 1937 pelo Serviço de Águas e Esgoto do Distrito Federal incluindo a rede do Olaria e dando andamento às obras em Estações de Tratamento (SILVA, 2002 *apud* SEROA DA MOTA; AZEREDO; GELMAN, 2011).

Em 1957 foi criada a Superintendência de Urbanização e Saneamento, constituída pelos Departamentos de Esgotos Sanitários e o de Urbanização, ou seja, ela seria encarregada tanto da parte urbana quanto da parte do esgoto. Com a junção dos estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, constituindo o estado do Rio de Janeiro, foi criada a Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), finalmente unindo os setores de água e esgoto a fim de facilitar os objetivos do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), a partir do qual os governos federal, estadual e municipal passariam a reunir recursos para sanar seus problemas de saneamento (SEROA DA MOTA; AZEREDO; GELMAN, 2011).

Na década de 1990, houve uma alteração no perfil de investimentos em saneamento no sentido da periferia da cidade do Rio de Janeiro, melhorando indicadores sociais devido às coberturas por serviços de abastecimento por água e esgotamento sanitário, apesar das grandes desigualdades serem persistentes no que diz respeito ao acesso a tais serviços nas áreas mais marginalizadas (MARQUES, 1996).

3. Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados (DEA) consiste numa técnica não paramétrica utilizada na medição da eficiência das Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs), semelhantes e independentes. A comparação entre as unidades avaliadas é comumente dificultada pelas múltiplas entradas e saídas (também denominados insumos e produtos ou ainda *inputs* e *outputs*) que tal técnica permite trabalhar simultaneamente, sendo mandatório que as medições sejam feitas para cada variável na mesma unidade.

Uma vez que a técnica compara as unidades avaliadas a fim de encontrar as melhores do grupo, os *outliers* (pontos mais afastados da média dos dados) sinalizam um padrão a ser seguido, indicando como as unidades ineficientes deveriam se comportar para operar de modo eficiente. Os resultados gerados por este tipo de abordagem são mais detalhados do que os gerados por abordagens paramétricas (CASTRO, 2003).

3.1. Produtividade, Eficiência e Eficácia

3.1.1. Produtividade

Mello *et al.* (2005) afirmam que uma empresa é considerada mais produtiva que outra por ter tomado decisões que lhe permitem aproveitar melhor os recursos disponíveis, como tecnologia, mão de obra qualificada, técnicas gerenciais, etc. Como uma maior produtividade é, em geral, decorrente de alguma decisão tomada, as unidades produtoras que tomam decisões são, em DEA, denominadas DMUs.

Para Ferreira e Gomes (2012), existe relação com como os recursos são utilizados para realizar a produção, sendo expressa pelo quociente da produção (*inputs*) pelo insumo empregado (*outputs*), sugerindo que o insumo é usado sem excessos. Em DEA, tais excessos, bem como a escassez, são denominados folgas.

3.1.2. Eficácia

Ferreira e Gomes (2012) entendem que uma atividade é eficaz se a meta da produção é atingida, desconsiderando-se os recursos utilizados.

Mello *et al.* (2005) reforçam este conceito afirmando que eficácia é a capacidade de uma organização ou unidade produtiva atingir a meta a que se tinha proposto. Também acrescentam que este é um conceito subjetivo, uma vez que dois indivíduos podem ter opiniões diferentes sobre um processo de produção ser ou não eficaz, dependendo das expectativas de cada um deles.

3.1.3. Eficiência

No dizer de Slack, Chambers e Johnston (2009) eficiência operacional é entendida como os esforços de cada operação a fim de reduzir sua própria complexidade, seja reduzindo custos de desperdícios e estoque, maximizando receitas, fazendo melhor utilização do tempo, entre outros.

Campos (1999) infere que o aumento da eficiência se dá pelo melhoramento da quantidade ou qualidade, reduzindo os recursos necessários. Deste modo, eficiência pode ser entendida como o quociente entre o que é produzido (*output*) e o que é consumido (*input*). Também ressalta que quanto maior a eficiência de uma empresa, maior é sua utilidade para a sociedade, também podendo ser entendidos como o quociente entre a qualidade dos produtos/serviços prestados e custos mais bem utilizados, equação (1), gerando lucro e sinalizando perspectivas de crescimento e otimização futuras.

$$EFICIÊNCIA = \frac{output}{input} = \frac{qualidade}{custos} \quad (1)$$

Ferreira e Gomes (2012) corroboram com tal conceito chamando-o de eficiência técnica. Este conceito é relativo e compara o que foi efetivamente produzido por unidade de insumo com o que poderia ser produzido. A definição geral de eficiência técnica, quando se comparam duas ou mais organizações ou atividades produtivas, se relaciona com a produção de um bem ou serviço com a menor utilização possível de recursos, eliminando-se as folgas. Já a forma de utilização dos recursos para produção está ligada tanto à tecnologia quanto ao processo produtivo adotados.

DEA se baseia na observação e comparação de dados das organizações ou atividades do conjunto analisado para definir os valores relativos que podem ser produzidos, destacando tanto as eficiências relativas de cada organização ou atividade produtiva quanto quais são as mais eficientes.

3.2. Conceitos da Análise Envoltória de Dados

Os conceitos de produtividade e eficiência podem ser expressos graficamente por meio de uma equação matemática que condensa a relação entre o conceito clássico de insumo e o produto. Uma função de produção de curto prazo, do processo de produção de um único produto utilizando um único insumo, pode ser mostrada graficamente como segue:

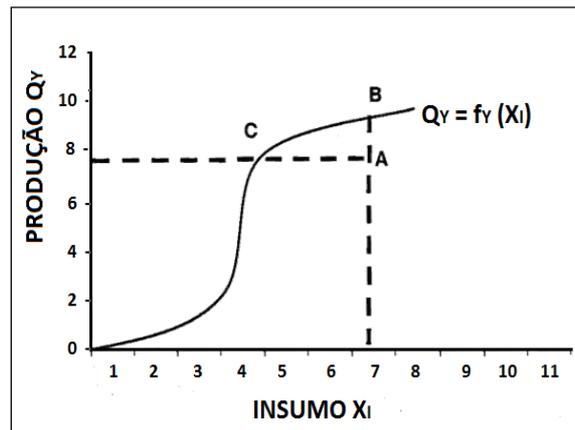


Figura 1 - Função de produção: produtividade e eficiência.
Fonte: Ferreira e Gomes, 2012, p. 25).

A curva do gráfico é denominada Fronteira de Eficiência e indica a produção máxima para cada tipo de recurso. A região abaixo dela é denominada Conjunto Viável de Produção (MELLO *et al.*, 2005). Desse modo, os pontos B e C sobre a função de produção são tecnicamente eficientes, referindo-se às produções máximas que podem ser atingidas com o uso dos insumos disponíveis (FERREIRA; GOMES, 2012).

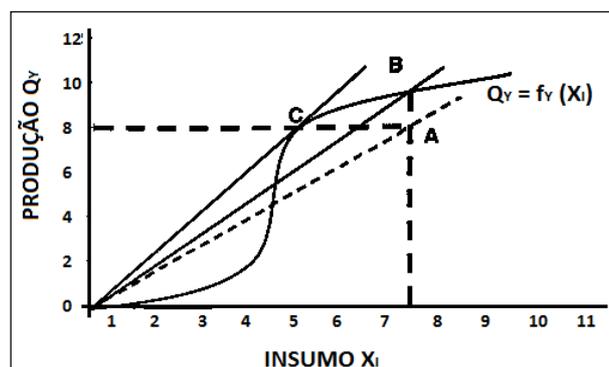


Figura 2: Função de produção: variações da produtividade e da eficiência.
Fonte: Ferreira e Gomes, 2012, p. 26.

Considerando o ponto A, ineficiente, há duas abordagens para interpretá-lo eficiente. A primeira versa sobre produzir mais, com o mesmo recurso, e a segunda em produzir o mesmo,

mas com menos recursos, a estas abordagens dá-se o nome de orientada a insumo, e orientada a produção:

- I. **Escolha orientada a insumo:** deslocando-se o ponto A para o ponto C, reduz-se a quantidade de insumo utilizado de X_A para X_C , e a produção permanece no mesmo patamar;
- II. **Escolha orientada a produto:** deslocando-se o ponto A para o ponto B, aumenta-se a quantidade produzida de Q_A para Q_B mantendo-se a mesma utilização anterior do insumo.

3.2.1. Procedimentos

Mello e colaboradores (2005) utilizam o exemplo com uma única variável de entrada (definida como recurso) e uma única variável de saída (definida como produto) para ilustrar a teoria e o funcionamento da análise envoltória de dados. A Figura 3 apresenta graficamente esta situação.

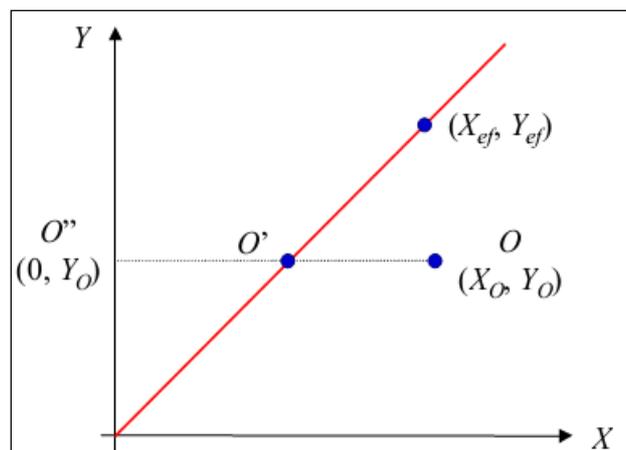


Figura 3 - Exemplo com *input* e *outputs* únicos para exemplificação do DEA.
Fonte: Mello *et al.*, 2005.

Na Figura 3 tem-se uma DMU representada pelo ponto (X_{ef}, Y_{ef}) que pode ser considerada eficiente, pois combina a melhor relação entre *inputs* e *outputs*. Na mesma figura apresenta-se o ponto O em (X_o, Y_o) que não está na fronteira de eficiência, e por isto, é considerado ineficiente. O' é a projeção de O na fronteira da eficiência (assumindo orientação a *inputs*) e O'' é a projeção de O no eixo das ordenadas.

A produtividade da DMU eficiente pode ser expressa pelo coeficiente angular da reta, expresso pela razão entre Y_{ef} e X_{ef} , e por conclusão geométrica, é possível calcular a eficiência do ponto ineficiente O em relação ao ponto eficiente (MELLO *et al.*, 2005).

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Com o pensamento análogo, é possível associar a eficiência à razão entre uma soma ponderada de produtos e de recursos, com os pesos sendo definidos dentro do contexto de cada DMU, mas que não sejam de tal forma que o resultado final fique fora do intervalo entre zero e um (MELLO *et al.*, 2005).

Ferreira e Gomes (2012) apresentam uma formulação simples para explanação dos conceitos. Considere os dados na Tabela 1. A DMU com mais produtividade é a de número 3 e, por isso, é considerada o padrão de eficiência e a ela é atribuído o máximo valor para tal (1,000), e todas as outras eficiências são determinadas relativas a ela.

Tabela 1: Cálculos das eficiências das DMUs. Fonte: Ferreira e Gomes, 2012

DMUs	1	2	3	4	5	6	7	8
Produtos: Q_y	6	7	4	7	4	3	5	6
Insumos: X_i	2	3	1	5	2	1	3	4
Produtividade: $P_i (Q_y/X_i)$	3,000	2,333	4,000	1,400	2,000	3,000	1,666	1,500
Eficiência: (P_i/P_3)	0,750	0,583	1,000	0,350	0,500	0,750	0,416	0,375

Na Figura 4 é possível ver todos os pontos plotados, tendo os insumos X_i nas abscissas e os produtos Q_y nas ordenadas. Verifica-se na linha tracejada a comparação com o método paramétrico da regressão linear com a linha cheia da fronteira de eficiência.

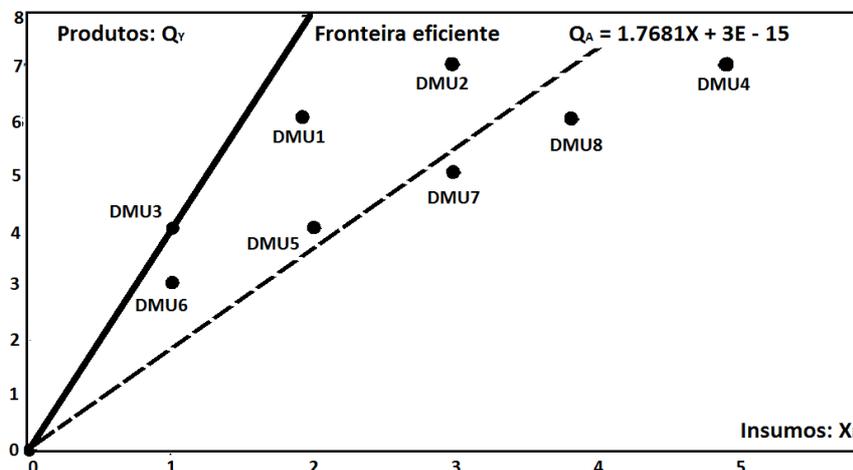


Figura 4 - Fronteira da eficiência do exemplo da Tabela 1 *versus* regressão linear. Fonte: Ferreira e Gomes, 2012.

Para se determinar a eficiência de cada DMU, é necessário modelar cada uma delas em um problema de programação não-linear, considerando sua produtividade na função objetivo, e os seus pares nas restrições.

No exemplo abordado, a DMU 3, equação (2), e DMU 8, equação (3), teriam a seguinte modelagem segundo Ferreira e Gomes (2012):

$$\begin{aligned}
 \max DMU_3 &= \frac{4u}{1v} \\
 \text{s. a.} \\
 \frac{4u}{2v} &\leq 1 \\
 \frac{3u}{1v} &\leq 1 \\
 \frac{5u}{3v} &\leq 1 \\
 \frac{6u}{4v} &\leq 1
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 \max DMU_8 &= \frac{6u}{4v} \\
 \text{s. a.} \\
 \frac{6u}{2v} &\leq 1 \\
 \frac{7u}{3v} &\leq 1 \\
 \frac{4u}{1v} &\leq 1 \\
 \frac{7u}{5v} &\leq 1
 \end{aligned} \tag{3}$$

Apesar de o problema ser não-linear e, portanto, a princípio não ser possível utilizar o SIMPLEX para sua resolução, é possível utilizar artifícios para linearização das funções de modo a adequar o problema ao ferramental disponível para sua solução (FERREIRA; GOMES, 2012; MELLO *et al.*, 2005).

Há dois modelos ditos clássicos: o primeiro chamado CCR, também chamado de CRS (*constant return to scale*), que adota como hipótese retornos constante de escala (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978); e o BCC, também conhecido como VRS (*variable returns to scale*) que já admite retornos variáveis de escala (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984).

O modelo geral do DEA CCR baseado em Mello *et al.* (2005) é expressado pela equação (4).

$$\begin{aligned}
 \max \sum_{j=1}^m u_j y_{jo} \\
 \text{s.a.} \\
 \sum_{i=1}^n v_i x_{io} &= 1 \\
 \sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} &\leq 0, k = 1, \dots, s \\
 u_j, v_i &\geq 0
 \end{aligned} \tag{4}$$

em que:

- x_i são os *inputs*;
- y_j são os *outputs*;
- k são as DMUs;
- v e u são pesos calculados para o modelo *inputs* e *outputs* respectivamente;
- O é a DMU da função objetivo.

Para ilustrar este exemplo Mello *et al.* (2005) propõem o exemplo apresentado na Tabela 2.:

Tabela 2: Ilustração do modelo DEA CCR. Fonte: adaptado de MELLO et al., 2005

DMU	Input 1	Input 2	Output
A	4	3	2
B	1	6	5
C	2	3	4
D	1	2	1
E	10	5	8

A partir das informações da Tabela 2 a equação (4) resulta em:

$$\begin{aligned}
 \max DMU_A &= 2u_1 \\
 s.a. \\
 4v_1 + 3v_2 &= 1 \\
 2u_1 - 4v_1 - 3v_2 &\leq 0 \\
 5u_1 - 1v_1 - 6v_2 &\leq 0 \\
 4u_1 - 2v_1 - 3v_2 &\leq 0 \\
 1u_1 - 1v_1 - 3v_2 &\leq 0 \\
 8u_1 - 10v_1 - 5v_2 &\leq 0 \\
 u_1, v_1, v_2 &\geq 0
 \end{aligned} \tag{5}$$

O modelo DEA BCC, baseado em Mello *et al.*, (2005), segue uma modelagem semelhante, mas com preocupação de retornos variáveis na escala, flexibilizando a fronteira de eficiência de acordo com a ordem de grandeza dos dados.

$$\begin{aligned}
 & \max \sum_{j=1}^m u_j y_{jo} - u_* \\
 & \text{s.a.} \\
 & \sum_{i=1}^n v_i x_{io} = 1 \\
 & \sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} - u_* \leq 0, k = 1, \dots, s \\
 & u_j, v_i \geq 0, \forall x, y \\
 & u_* \in \Re
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Semelhante à modelagem anterior, este modelo DEA BCC agrega ao problema uma variável u_* que é um fator de escala que adequam a fronteira de eficiência de acordo com a magnitude de seus insumos e resultados (MELLO *et al.*, 2005).

A Figura 5 representa graficamente a diferença entre os modelos CCR (retornos constantes) e BCC (retornos variáveis).

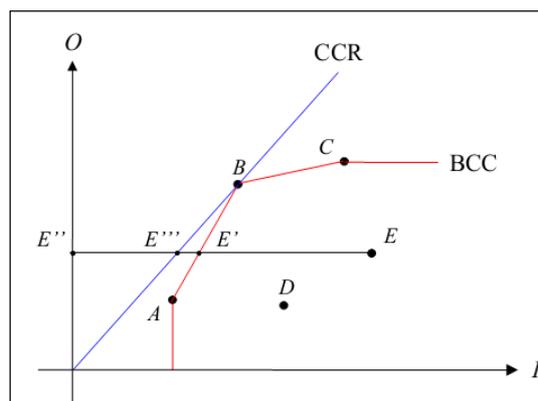


Figura 5 - Representação gráfica dos modelos CCR e BCC.

Verifica-se que o modelo BCC possui uma adaptação às análises com diferentes ordens de grandeza em suas variáveis.

Ambos os modelos foram ilustrados para maximização de seus resultados, mas podem ser facilmente adaptados para minimização de seus insumos.

4. Abordagem Metodológica

4.1. Procedimentos técnicos

Os dados são extraídos e trabalhados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012), adotando como ano base da pesquisa o ano de 2011

(último dado disponível por ocasião desta pesquisa), mas completando os dados faltosos com informações dos anos anteriores, pois se assume que a mudança de indicadores de um ano para outro não é drástica.

A higienização dos dados é apontada por Castro (2003) como necessária, uma vez que a técnica de DEA é muito sensível em sua fronteira. "Se os dados de uma determinada unidade em análise não forem de boa qualidade, ou seja, reais e verdadeiros, corre-se o risco de se estabelecer uma fronteira de eficiência que não reflita a realidade das empresas" (CASTRO, 2003, p. 59).

4.2. Definição do conjunto de indicadores/critérios

O SNIS fornece mais de uma centena de indicadores, sobre água, esgoto, resíduos sólidos, financeiros, qualidade, entre outros. Este trabalho considera apenas os dados de fornecimento de água e saneamento (aqui entendido somente como esgotamento sanitário), não abrangendo os dados de manejo de resíduos sólidos ou de águas pluviais.

Castro (2003) explora a base do SNIS em busca dos indicadores mais significativos, utilizando técnicas de correlação entre os indicadores, regressão múltipla e teste de hipóteses; chegando ao conjunto dos seguintes indicadores que servirão de critérios para a análise envoltória de dados (Quadro 1).

Quadro 1 - Conjunto de indicadores utilizados na análise.

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
Despesas de Exploração (FN015).	Volume de Água Consumido (AG010); Extensão da Rede de Água (AG005); Quantidade de Ligações Ativas de Água (AG002); Quantidade de Ligações Ativas de Esgoto (ES002).

Para executar os procedimentos da análise envoltória de dados é utilizado o *software* SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), disponibilizado gratuitamente em <http://www.uff.br/decisao/> (ANGULO MEZA *et al.*, 2005).

4.3. População estudada

Opta-se por estudar os municípios que compõem o estado do Rio de Janeiro, dentre outras razões, devido a sua importância turística, servindo como janela do Brasil para o mundo, e pelos eventos que envolvem expressivos investimentos e grande participação popular, como a

Jornada Mundial da Juventude em 2013, a Copa das Confederações também em 2013, a Copa do Mundo de Futebol em 2014 e os Jogos Olímpicos em 2016.

No entanto, devido à falta de dados disponibilizados pelo SNIS, dos 92 municípios do estado, três não puderam ser considerados nesta pesquisa, sendo eles Carmo, Paraty e Quatis. Vale acrescentar que, dos 89 municípios pesquisados, no caso de falta de dados referentes a 2011 (ano base da pesquisa), fez-se uso de dados do ano anterior mais recente disponibilizado pelo SNIS, uma vez que a mudança desta realidade pode ser lenta. Desse modo, todos os dados de Conceição de Macabu e Mendes são referentes ao ano 2009, os de Santo Antônio de Pádua são de 2007, e os de quantidade de ligações ativas de esgoto (ES002) de São Fidélis são de 1999.

Os dados de caracterização dos municípios (porcentagem da população residente em zona urbana e *PIB per capita*) são obtidos junto à pesquisa CENSO do IBGE de 2010 (IBGE, 2012).

Assim sendo, de acordo com Silva e Menezes (2005) e Gil (2007) a amostra é definida por método não-probabilístico intencional, quando o pesquisador reúne motivações suficientes por optar por um grupo em detrimento a outro.

4.4. Técnicas para análise

Para verificação das hipóteses do relacionamento entre a eficiência do saneamento básico no município e sua população rural e PIB per capita, é utilizado o coeficiente de correlação de Pearson. Esse coeficiente mensura o grau de associação entre duas medições e varia no intervalo de menos a mais 1. Sua forma de cálculo é apresentado na equação 7 (RICHARDSON *et al.*, 2008, p. 179).

$$r_{xy} = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2] \cdot [N \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (7)$$

em que

- r_{xy} : coeficiente de correlação entre a 1ª e a 2ª variáveis;
- N: número de casos;
- $\sum xy$: somatório do produto de cada valor da variável x pelo respectivo valor da variável y ;
- $\sum x$: somatório dos valores da variável x ;
- $\sum y$: somatório dos valores da variável y ;
- $\sum x^2$: somatório do quadrado dos valores da variável x ;

- Σy^2 : somatório do quadrado dos valores da variável y ;
- $(\Sigma x)^2$: somatório dos valores da variável x ao quadrado;
- $(\Sigma y)^2$: somatório dos valores da variável y ao quadrado.

Para análise dos resultados individuais, é adotada a técnica de análise dos quartis, que consiste em separar os resultados em quatro grupos ordenados com igual quantidade de elementos.

5. Estudo de Caso

Neste trabalho é utilizado o modelo DEA BCC, devido à heterogeneidade dos dados, e os cálculos são feitos orientados aos resultados, verificando-se que é possível ser mais eficiente com os mesmos recursos.

5.1. Resultados

Os resultados são apresentados em quartis, de acordo com a seguinte divisão:

Primeiro Quartil (Q1)	0,303486	Segundo Quartil (Q2)	0,487989	Terceiro Quartil (Q3)	0,826784	Quarto Quartil (Q4)
------------------------------	----------	-----------------------------	----------	------------------------------	----------	----------------------------

Figura 6 - Divisão dos quartis para análise.

Os quartis 4 e 3 são mais próximos à fronteira de eficiência, e por isto, considerados mais eficientes que os quartis 2 e 1, chamados aqui de ineficientes.

5.1.1. Análise dos Quartis

Na Tabela 3 é possível verificar os municípios considerados como os mais eficientes em oferecer serviços de saneamento básico para sua população. São estes os que estão na fronteira da eficiência, considerados benchmarking, e os que se aproximam desta fronteira, obtendo uma eficiência $Q_3 \geq 0,826784$.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Tabela 3 - Municípios posicionados no quarto quartil.

Município	Eficiência
Angra dos Reis	0,887756
Barra do Pirai	0,850940
Barra Mansa	0,916751
Belford Roxo	0,913673
Cabo Frio	0,831039
Cachoeiras de Macacu	1,000000
Campos dos Goytacazes	1,000000
Casimiro de Abreu	1,000000
Conceição de Macabu	1,000000
Duque de Caxias	1,000000
Itaboraí	1,000000
Itatiaia	1,000000
Magé	1,000000
Mendes	1,000000
Mesquita	1,000000
Nova Friburgo	0,826784
Nova Iguaçu	1,000000
Petrópolis	0,852052
Rio de Janeiro	1,000000
São Gonçalo	1,000000
Saquarema	1,000000
Silva Jardim	0,948264
Volta Redonda	1,000000

Destacam-se como eficientes os municípios de Cachoeiras de Macacu, Casimiro de Abreu, Itatiaia, Magé, Mendes e Saquarema, por serem de pequeno porte, mas utilizarem bem os seus recursos.

Tabela 4 - Municípios posicionados no terceiro quartil.

Município	Eficiência
Araruama	0,759536
Bom Jardim	0,512053
Bom Jesus do Itabapoana	0,550455
Guapimirim	0,487989
Iguaba Grande	0,493849
Itaguaí	0,799634
Japeri	0,777821
Macaé	0,631967
Mangaratiba	0,637508
Maricá	0,804850
Nilópolis	0,770882
Niterói	0,585100
Paraíba do Sul	0,704558
Porto Real	0,578648
Queimados	0,716541
Resende	0,725210
Rio Bonito	0,515167
São João de Meriti	0,647720
São Pedro da Aldeia	0,750221
Seropédica	0,583118
Teresópolis	0,490489
Três Rios	0,557531

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Na Tabela 4 apresentam-se os municípios presentes no terceiro quartil, com valores de eficiência entre $Q_3 \leq 0,826784$ e $Q_2 \geq 0,487989$. Aponta-se neste quartil a presença do município de Macaé, considerado a capital nacional do petróleo e grande indenizada em *royalties* pela sua exploração.

Na Tabela 5 apresentam-se os municípios presentes no segundo quartil, com valores de eficiência entre $Q_2 \leq 0,487989$ e $Q_1 \geq 0,303486$. Rio das Ostras e Quissamã, municípios produtores de petróleo que recentemente ganharam grandes injeções de recursos em seus orçamentos aparecem neste quartil ineficiente.

Tabela 5 - Municípios posicionados no segundo quartil.

Município	Eficiência
Armação dos Búzios	0,406683
Arraial do Cabo	0,308170
Comendador Levy Gasparian	0,388158
Cordeiro	0,374313
Itaocara	0,452455
Itaperuna	0,409927
Miguel Pereira	0,304508
Miracema	0,446546
Paracambi	0,459961
Paty do Alferes	0,483957
Pinheiral	0,307880
Piraí	0,347131
Porciúncula	0,366669
Quissamã	0,306284
Rio das Flores	0,367742
Rio das Ostras	0,453109
São Fidélis	0,321578
São João da Barra	0,328274
São José do Vale do Rio Preto	0,479698
Tanguá	0,440222
Valença	0,354574
Vassouras	0,303486

Por fim, na Tabela 6 apresentam-se os valores do primeiro e pior quartil, com valores de eficiência abaixo de $Q_1 \leq 0,303486$. Destaca-se na análise do primeiro (e pior) quartil, o município de Trajano de Moraes, com apenas 0,087 de desempenho em eficiência.

Tabela 6 - Municípios posicionados no primeiro quartil.

Município	Eficiência
Aperibé	0,201846
Areal	0,262666
Cambuci	0,232345
Cantagalo	0,222551
Carapebus	0,189357
Cardoso Moreira	0,187230
Duas Barras	0,108664
Engenheiro Paulo de Frontin	0,174527
Italva	0,267592
Laje do Muriaé	0,157936
Macuco	0,165734
Natividade	0,239895
Rio Claro	0,217279
Santa Maria Madalena	0,124709
Santo Antônio de Pádua	0,277141
São Francisco de Itabapoana	0,259339
São José de Ubá	0,111291
São Sebastião do Alto	0,131503
Sapucaia	0,263557
Sumidouro	0,151839
Trajano de Moraes	0,087429
Varre-Sai	0,181275

5.1.2. Análise por característica da população

Na Tabela 7 são apresentados os resultados do estudo da correlação de Pearson, executados com auxílio do *software* BioEstat (AYRES *et al.*, 2007).

Tabela 7 - Resultado da correlação de Pearson.

	Eficiência e PIB per capita	Eficiência e % de Pop. Urb.
n (pares) =	89	89
r (Pearson) =	0,0247	0,6235
IC 95% =	-0,18 a 0,23	0,48 a 0,74
IC 99% =	-0,25 a 0,29	0,42 a 0,77
R ² =	0,0006	0,3887
t =	0,2301	7,4379
GL =	87	87
(p) =	0,8186	< 0,0001

Observa-se que a correlação em ambas as análises, de acordo com a classificação de Ribeiro, Siqueira e Claro (2012) é baixa entre eficiência e PIB *per capita* (0,0247) e alta entre eficiência e porcentagem da população urbana (0,6235).

Ao analisar o valor de *p* do teste de hipótese, para a correlação entre eficiência e PIB *per capita*, assume-se que um valor não influencia o outro, contudo, ao observar o teste de hipóteses entre a eficiência e a porcentagem de população urbana de um município, rejeita-se a hipótese que estas variáveis não estejam correlacionadas, e assume-se que há sim alguma influência significativa.

O R^2 pode ser interpretado como a proporção de um comportamento que pode ser atribuído a outro e, em ambos os casos, também são inexpressivos, com 0,06% e 38,87% respectivamente. Estes resultados são mais bem observados nas Figura 7 e Figura 8.

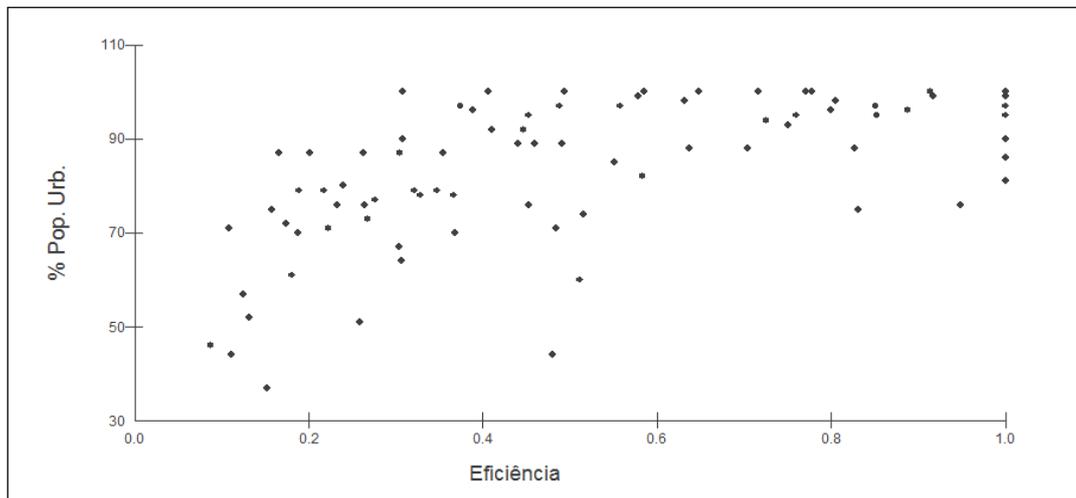


Figura 7 - Gráfico de correlação entre eficiência e porcentagem da população residente em zona urbana.

Na Figura 7 é possível supor uma linha imaginária crescente entre as variáveis de "porcentagem da população residente em zona urbana" e "eficiência". Mesmo que a correlação seja modesta, ela é perceptível tanto visualmente quanto pelos cálculos, conforme a Tabela 7.

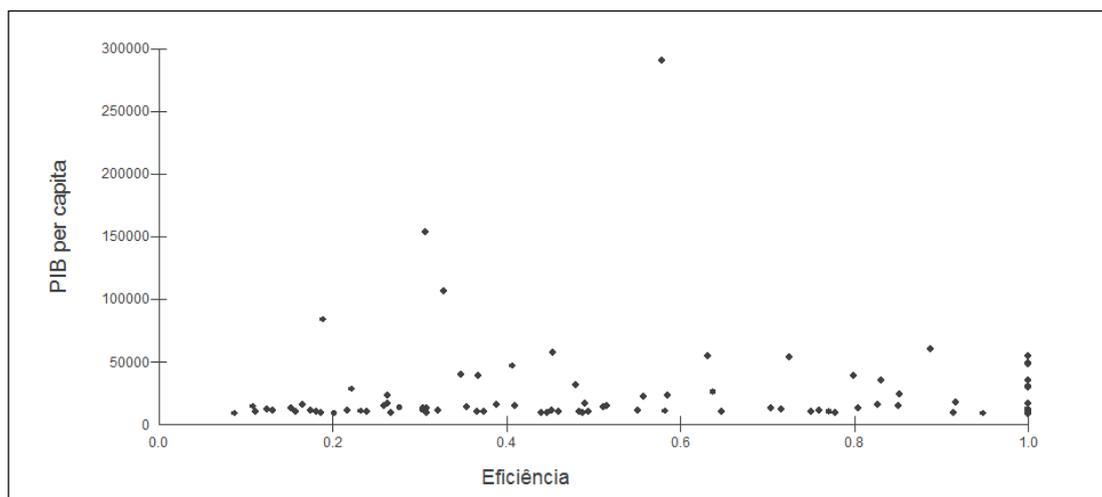


Figura 8 - Gráfico de correlação entre eficiência e PIB *per capita*.

Já na Figura 8 não é possível imaginar nenhum relacionamento entre as variáveis. Visualmente corrobora-se com o resultado do teste estatístico em que o comportamento do PIB *per capita* em nada muda a eficiência dos serviços de saneamento básico em um município.

6. Conclusões

6.1. Quanto aos objetivos

Aponta-se como objetivo geral desta pesquisa a avaliação da eficiência dos serviços de saneamento dos municípios do estado do Rio de Janeiro. Tal objetivo pode ser declarado como cumprido, uma vez que a metodologia desenvolvida ocupou-se de investigar este aspecto, alicerçada em dados oficiais e procedimentos fundamentados, também utilizados em trabalhos semelhantes.

Colocou-se como questão da pesquisa a pergunta: “Quão eficiente é o fornecimento de água e esgoto no estado do Rio de Janeiro?”. Obviamente esta pergunta não é de resposta simples e direta, mas pode-se tentar respondê-la apontando que, dos 89 municípios com dados disponíveis no Estado, apenas 15 podem ser considerados plenamente eficientes.

A pesquisa também aponta que municípios pequenos não conseguem ser eficientes. Grande parte deste resultado negativo deve-se à negligência dos gestores em não fornecer serviços de esgoto à população, mas somente explorando o fornecimento de água da concessão.

6.2. Quanto ao trabalho realizado

Este trabalho contribui para a prática profissional do Engenheiro de Produção utilizando-se de técnicas da Pesquisa Operacional e Gestão Ambiental para fornecer um relatório técnico preciso sobre a situação do fornecimento de serviços de saneamento básico no estado do Rio de Janeiro.

Do mesmo modo que faz sua contribuição para a área acadêmica lançando mão de técnicas modernas de avaliação e investigando dados disponíveis ainda não explorados, podendo servir de base para propostas futuras de melhoria do sistema e investimentos pontuais.

A pesquisa partiu de duas hipóteses a serem testadas durante a investigação científica:

- **H₁** Quanto maior o PIB *per capita* de um município, maior será a eficiência dos serviços de saneamento prestados;

Por ser conhecido que quanto mais se investe em saneamento, mais a população irá se beneficiar de melhorias na saúde (FUNASA, 2006), acreditava-se que estas variáveis estariam altamente correlacionadas, mas o teste de hipóteses indica a rejeição de H₂, assumindo que essas variáveis não têm influência uma na outra.

- **H₂** A eficiência dos serviços de saneamento possui relação com a predominância da população do município: urbana ou rural.

A terceira hipótese levantada no trabalho é confirmada estatisticamente, mesmo que em intensidade moderada, mas suficiente para afirmar que municípios com populações urbanas

possuem um serviço de saneamento básico mais eficiente do que os de população rural e, por consequência, pode-se afirmar por generalização do estudo de caso (YIN, 2005) que a zona urbana possui melhor serviço de saneamento básico do que a zona rural.

6.3. Quanto aos trabalhos futuros

Este trabalho explorou a correlação entre a eficiência dos serviços e três variáveis, sendo duas delas testadas estatisticamente. É possível promover um terceiro teste estatístico pela distância física da capital do estado dando maior rigor à análise.

Também é possível testar outras variáveis com a eficiência, não só disponibilizadas pelo IBGE, mas também pelo DATASUS, verificando a presença de certos tipos de doenças relacionadas com água e esgoto com o quão eficiente é o serviço de saneamento municipal.

Por fim, esta análise ocupou-se de avaliar o último dado disponível na base, mas é possível realizar a mesma análise para os anos anteriores, e verificar não somente o retrato das eficiências no ano base da pesquisa, mas também a sua evolução com o passar dos anos.

Referências

- Akosa, G., Franceys, R., Barker, P., and Weyman-Jones, T. (1995). Efficiency of Water-Supply and Sanitation Projects in Ghana. *Journal of Infrastructure Systems*, v. 1, n. 1, p. 56–65.
- Ângulo-Meza, L.; Biondi Neto, L.; Mello, J.C.C.B.S. de; Gomes, E.G. (2005). ISYDS-Integrated System for Decision Support (SIAD-Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, v. 25, n. 3, p. 493–503.
- Ayres, M.; Ayres-Jr, M.; Ayres, D.L.; Santos, A.A.S. (2007). *BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. 5. ed. Belém: Mamirauá.
- Banker, R. D.; Charnes, A.; Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078–1092.
- Brzezinski, M. L. N. L. (2012). O direito à água no direito internacional e no direito brasileiro. *Confluências*, v. 14, n. 1, p. 60–82.
- Campos, V. F. (1999). *Controle da qualidade total no estilo Japonês*. Belo Horizonte: INDG.
- Carmo, C. M.; Távora Júnior, J. L. (2003). Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. Porto Seguro, BA: ANPEC.
- Castro, C. E. T. DE. (2003). Avaliação da Eficiência Gerencial de Empresas de Água e Esgotos Brasileiras por meio da Envoltória de Dados (DEA). Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção)—Rio de Janeiro: PUC-Rio.
- Charnes, A.; Cooper, W. W.; Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429–444.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

- Cooper, W. W.; Seiford, L. M.; Zhu, J. (2011). Data Envolatory analysis: History, Models and Interpretations. In: Handbook on Data Envolatory Analysis. New York, NY, USA: Springer, p.1–40.
- Faria, F. P.; Jannuzzi, P. De M.; Silva, S. J. Da. (2008). Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. *Revista de Administração Pública*, v. 42, n. 1, p. 155–177.
- Ferreira, C. M. De C.; Gomes, A. P. (2012). Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações. Viçosa, MG: UFV.
- FUNASA. (2006). Manual de saneamento. Brasília: Fundação Nacional de Saúde.
- Gil, A. C. (2007). Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas.
- Heller, L.(1998). Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 3, n. 2, p. 73–84.
- Hutton, G. (2012). Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage. Switzerland: World Helth Organization. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2012/global_costs/en/>. Acesso em: 8 out. 2013.
- IBGE (2010). Pesquisa nacional de saneamento básico: 2008. Rio de Janeiro: IBGE.
- IBGE (2011). Atlas de saneamento 2011. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IBGE (2012). Pesquisa CENSO 2010, 2012. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 11 ago. 2013
- Leoneti, A. B.; Prado, E. L. Do; Oliveira, S. V. W. B. De. (2011) Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. *Revista de Administração Pública*, v. 45, n. 2, p. 331–348.
- Marques, E. C. (1995). Da higiene à construção da cidade: o estado e o saneamento no Rio de Janeiro. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 2, n. 2, p. 51–67.
- Marques, E. C. (1996). Equipamentos de saneamento e desigualdades no espaço metropolitano do Rio de Janeiro. *Cad. Saúde Públ*, v. 12, n. 2, p. 181–193.
- Mello, J. C. C. B. S. De; Ângulo-Meza, L.; Gomes, E.G.; Biondi Neto, L. (2005). Curso de análise de envoltória de dados. In: XXXVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL. Gramado, RS: SOBRAPO.
- Ministério das Cidades (2012). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Brasília: Notorium Tecnologia em Software.
- Mota, C. N. Da S.; Sampaio Filho, S. A. C.; Santos, V. R. A. dos; Hora, H. R. M. da; Costa, H. G.; Barbosa, A. L.. (2012). A multicriteria approach for the evaluation and classification of Brazilian capital cities according to the basic sanitation services. In: IX CONGRESO LATINOAMERICANO IIE CIUDADES EN CRECIMIENTO. Bogotá: Institute of Industrial Engineers.
- Oliveira, A. L. S. De. (2004) Saneamento Básico no Brasil: Limites e Possibilidades de Atuação do Setor Privado. Mestrado em Economia—Salvador: UFBA.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

- Oliveira, C. F. De. (2007) A gestão dos serviços de saneamento básico no Brasil. Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales, v. 9.
- ONU (2000). Declaração do milênio. New York, NY, USA: United Nations. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/Docs/declaracao_do_milenio.pdf>. Acesso em: 21 set. 2013.
- ONU (2010). The human right to water and sanitation. New York, NY, USA: United Nations. Disponível em: <http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292>. Acesso em: 8 out. 2013.
- Ribeiro, P. E.; Siqueira, M. M.; Claro, J. A. C. Dos S. (2012) Indicadores de saúde positiva: um estudo com empregados expatriados. Revista Administração em Diálogo, v. 14, n. 1, p. 32–25.
- Richardson, R. J. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- Rodrigues, I. O. (2011) Abrangência dos serviços de saneamento. In: IBGE (Ed.). Atlas de Saneamento. Rio de Janeiro: IBGE, p. 16.
- Sabbioni, G. (2008) Efficiency in the Brazilian sanitation sector. Utilities Policy, v. 16, n. 1, p. 11–20.
- Saiani, C. C. S. (2007) Restrições à expansão dos investimentos em saneamento básico no Brasil: déficit de acesso e desempenho dos prestadores. Dissertação de Mestrado—Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo.
- Seroa da Mota, A. L. T.; Azeredo, M. A.; Gelman, M. L. (2011) Saneamento: passos da história do Rio de Janeiro. Revista Memo, v. 11, p. 42–46.
- Seroa da Motta, R.; Moreira, A. (2006) Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil. Utilities Policy, v. 14, n. 3, p. 185–195.
- Silva, E. L. S.; Menezes, E. M. M. (2005) Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 4. ed. Florianópolis: UFSC.
- Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R. (2009) Administração da produção. 3. ed. São Paulo (SP): Atlas.
- UN (2002). The right to water (arts. 11 and 12 of the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights): Economic and Social Council. Geneva: United Nations.
- Vargas, M. C. (2005) O negócio da água: riscos e oportunidades das concessões de saneamento à iniciativa privada : estudos de caso no sudeste brasileiro. São Paulo: Annablume.
- Who; UNICEF. (2012) Progress on drinking water and sanitation. Geneva; New York: WHO/UNICEF.
- Yin, R. K. (2005) Estudo de caso. Tradução Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman.