

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS MUNICÍPIOS PARAIBANOS

Lúcia Patrício de Souza ARAÚJO
Engenheira Civil. Mestre em Economia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
Auditora de Contas Públicas do Tribunal de Contas do Estado da Paraíba (TCE-PB)
luciapatricio@hotmail.com

Adriano Nascimento da PAIXÃO
Economista. Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)
Professor do Departamento de Economia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
anpaixao@gmail.com

Márcia Cristina Silva PAIXÃO
Economista. Doutora em Economia pela Universidade de Brasília (UnB)
Professora Adjunta do Departamento de Economia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
marciapaixao@terra.com.br

RESUMO

Com o advento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, o Poder Público tem na gestão integrada de resíduos sólidos um dos seus maiores conflitos. No estado da Paraíba, a repercussão da política ainda não tem gerado efeitos na sua esfera e nos respectivos municípios. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência técnica dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos nos municípios paraibanos, referente ao ano de 2014, através da metodologia não paramétrica Análise Envoltória de Dados - DEA, com base nos modelos DEA-C e DEA-V. Para tanto, foi realizada uma breve fundamentação teórica em análise da eficiência de unidades produtivas, bem como foram utilizadas, como referencial literário, pesquisas acadêmicas voltadas para avaliações de setores de serviços que envolveram recursos públicos. Para aplicação da metodologia, os dados utilizados da amostra paraibana foram retirados do portal SNIS e envolveram variáveis relacionadas a três insumos e um produto. Na etapa final, é apresentada uma análise dos escores de eficiência oriundos da aplicação dos dois modelos, em relação à prestação dos serviços municipais de coleta de resíduos sólidos urbanos. Conclui-se que a metodologia DEA é uma excelente ferramenta de benchmarking para as instituições, tanto públicas como privadas, no que concerne à avaliação de práticas de gestão.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados. Gestão pública municipal de resíduos. Paraíba

1 INTRODUÇÃO

A necessidade atual de se avaliar a gestão de recursos públicos, com vistas à promoção da melhoria da governança pública, vem sendo um tema constantemente abordado em meio acadêmico, em organismos de controle e nas demais instituições públicas em todas as esferas de governo. Dentre as diversas áreas de atuação da gestão pública (saúde, finanças, educação, etc.) que têm demandado um controle mais efetivo por parte do próprio governo, tem-se o setor de saneamento, que engloba a temática de resíduos sólidos, trazendo à baila questões sanitárias, financeiras, econômicas e sociais.

A prestação dos serviços de limpeza urbana no tocante à coleta de RSU tem representado um grande peso dentro do orçamento da prefeitura. Segundo os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Tesouro Nacional, 5% do orçamento municipal é destinado em gastos com limpeza urbana. Apesar dessa relevância nas finanças, a limpeza urbana é avaliada pela sociedade somente em casos de gestão inadequada, ou seja, em momentos de mudanças políticas, segundo o Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana para os municípios brasileiros (SELUR, 2016).

Nesse contexto, é oportuno levantar a seguinte problemática: em que medida o desempenho da prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos em municípios paraibanos tem se mostrado eficiente? Para tanto, fez-se a avaliação da eficiência técnica da prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos em municípios paraibanos, com base na metodologia Análise Envoltória de Dados – DEA, referente ao ano de 2014, em dados disponibilizados pelas prefeituras paraibanas com relação a indicadores que envolvem serviços de limpeza urbana¹.

O artigo está dividido, além desta Introdução, em mais sete seções. A segunda apresenta aspectos relacionados à PNRSU. A terceira explana sobre a avaliação da eficiência. A quarta seção traz um apanhado dos estudos empíricos localizados na literatura nacional sobre serviços públicos sendo avaliados por meio da metodologia DEA. A quinta apresenta a metodologia DEA na averiguação da eficiência produtiva. A seção posterior indica a fonte dos dados utilizados na aplicação do referido método. Em seguida, tem-se o resultado da metodologia aplicada através de software, expondo unidades produtivas que chamaram a atenção. As considerações finais evidenciam o potencial de uso deste trabalho como importante ferramenta de avaliação de práticas de gestão.

¹O presente artigo é derivado de dissertação do Mestrado Profissional em Economia do Setor Público, que tratou do tema em tela de forma mais minuciosa, explanando os procedimentos metodológicos utilizados e as análises descritivas das estatísticas envolvidas, conforme o exposto no endereço eletrônico: <http://tce.pb.gov.br/publicacoes/dissertacoes-do-tce-1/analise-da-eficiencia-tecnica-de-prestacao-dos-servicos-de-coleta-de-residuos-solidos>. Acesso em: 16 out. 2018.

2 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.1 Novo marco legal brasileiro

A Lei Federal nº 12.305 foi sancionada em agosto de 2010 e instituiu Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecendo prazo até o ano de 2014 para a extinção dos lixões. Esta norma, para o setor de resíduos sólidos, em conjunto com a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), a Lei Federal de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998), a Política de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007), o Estatuto das Cidades (Lei nº 10.257/2001) e a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/1999), faz parte de uma estrutura regulatória necessária para nortear ações de gestão relacionadas ao meio ambiente, englobando a minimização dos impactos oriundos dos resíduos sólidos. Ressalte-se ainda a inclusão da Lei Federal de Consórcio (Lei nº 11.107/2005), que entra nesse arcabouço regulatório como uma ferramenta de gestão para minimizar os dilemas da gestão ambiental.

Além de salientar em seu conteúdo o desenvolvimento sustentável, de acordo com o exposto entre os seus princípios (art. 6º, IV, Lei nº 12.305/2010), também especifica instrumentos que devem ser articulados entre os gestores públicos dos entes federados e os segmentos sociais envolvidos em todo o processo do descarte até a destinação final dos resíduos. Desse modo, destacam-se como instrumentos: os planos de resíduos sólidos; a coleta seletiva, ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis; a educação ambiental; os acordos setoriais.

2.2 Impacto sobre o estado paraibano

A elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PGIRS é condição necessária para o Distrito Federal e os municípios acessarem recursos da União destinados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos. O art. 19 da Lei nº 12.305/2010 prevê seu conteúdo mínimo.

No âmbito dos municípios paraibanos, de acordo com levantamento do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos – SINIR, que expõe pesquisa do Ministério do Meio Ambiente - MMA realizada em 2015 com as Unidades da Federação, apenas 49 municípios paraibanos de um total de 223 possuem o PGIRS nos termos estabelecidos na Política Nacional de Resíduos

Sólidos. Tal fato demonstra que as questões de resíduos sólidos ainda não são prioridades para a gestão dos municípios do estado da Paraíba.

Na esfera estadual, baseado nos instrumentos da PNRS, o governo elaborou o Plano de Regionalização da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do estado da Paraíba – PGIRS/PB, propondo para o Estado e os Municípios intervenções do setor de resíduos sólidos, visando subsidiar o planejamento e a definição das melhores soluções integradas e consorciadas. Destaca que os modelos básicos para agrupamentos municipais da gestão de RSU foram configurados em 14 (quatorze) Regiões Geoadministrativa, através de um levantamento de dados acerca do contingente populacional, com a estimativa da produção total diária de resíduos sólidos em cada município ou do arranjo territorial proposto, considerando um espaço temporal de 20 (vinte) anos (2030). O referido plano ainda não foi validado em forma de lei. A ausência da formalidade legal dá menos força ao plano frente aos gestores municipais, no sentido de tomar como parâmetro a solução ali descrita.

Outro instrumento que apresenta a preocupação com o setor de resíduo sólidos no estado da Paraíba é o Plano Estadual de Educação - PEE (Lei nº 10.488/2015), que veio após a edição da Lei nº 12.305/2010 e do Plano Nacional de Educação - PNE (Lei nº 13.005/2014). O PEE apresenta a META 18, que destaca a educação ambiental, contemplando a área de resíduos sólidos na Estratégia 18.1.

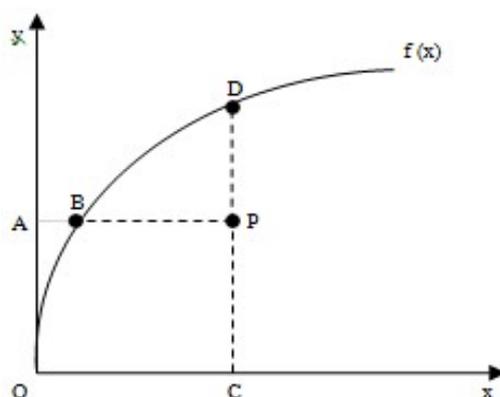
De uma forma geral, no estado da Paraíba, normas foram implementadas no corpo legislativo baseadas nos princípios da Lei nº 12.305/2010, com o intuito de tentar diminuir os problemas oriundos de má gestão dos resíduos sólidos. Contudo, de acordo com Maia *et al.* (2015), que aborda os reflexos da PNRS nos dispositivos legais paraibanos, o avanço na legislação ambiental não foi o suficiente para amenizar os problemas causados pela falta de gestão dos resíduos sólidos no Estado.

3 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA

Lovell (1992) define a eficiência de uma unidade produtiva como sendo a razão entre os valores alcançados e os valores ótimos entre insumos ou produtos. Por conseguinte, pode ser entendido como a razão entre o produto real e o produto esperado ou a razão entre o insumo esperado e o insumo real.

A avaliação da eficiência das unidades produtivas pode ser realizada através do grau de proximidade das fronteiras em que elas estejam operando. Sendo as fronteiras determinadas, o distanciamento entre os planos de produção observados e a fronteira pode servir como medida da eficiência (ou ineficiência) das empresas (GASPARINI, 2003).

Em suas explicações, Gasparini (2003) considera uma firma que usa apenas um fator de produção x para obter um único produto y , conforme ilustração na Figura 1. A curva $f(x)$ representa uma função de produção, ou seja, a quantidade máxima de produto (y) que uma unidade perfeitamente eficiente poderia obter a partir da utilização dos insumos (x). Portanto, essa curva representa a fronteira tecnológica ou eficiente.



Fonte: Gasparini (2003)

Figura 1 - Medidas de eficiência

O centro da análise poderia estar delineado para a proporção em que a geração do produto poderia ser aumentada sem alterar a utilização de insumos. Nessa perspectiva, a medida de eficiência estaria voltada para o produto. Na orientação para produtos, procura-se alcançar a maior quantidade possível de bens e serviços com base em uma dada utilização de recursos. “Uma firma seria dita ineficiente, então, se fosse tecnicamente possível aumentar algum produto sem aumentar os insumos utilizados e sem diminuir qualquer outro produto”, segundo Gasparini (2003, p. 24). Uma medida de eficiência poderia ser, conforme a Figura 1, definida a partir da razão CP/CD .

As principais formas utilizadas na determinação das fronteiras de produção, segundo Lima (2006), estão definidas nos métodos paramétricos e não-paramétricos. Assim, este trabalho toma como base a abordagem não-paramétrica (no tocante às versões DEA-C e DEA-V), tendo em vista estar mais voltado à estimação de fronteiras.

A abordagem não-paramétrica, a determinação da fronteira não está relacionada à definição a priori de uma função, mas sim levando em consideração as propriedades que o conjunto de produção deve satisfazer. Usualmente, a estimação é alcançada por meio de técnicas de programação linear (LIMA, 2006).

4 ESTUDOS EMPÍRICOS

A literatura nacional apresenta uma quantidade razoável de pesquisas envolvendo fronteiras de produção e eficiência produtiva em setores de serviços que envolvem recursos públicos, não tendo sido encontrado trabalhos relacionados à eficiência dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos.

Como contribuição, a análise de Carmo (2003) discorre sobre a avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a citada metodologia. Traz o resultado da eficiência dessas unidades em forma de escores, focando sobre a necessidade de se elevar a qualidade de vida dos brasileiros por parte do governo, baseando-se na Política Nacional de Saneamento Básico.

Ademais, com base no método Análise Envoltória de Dados, encontra-se o trabalho de Scaratti, Michelon e Scaratti (2013), que avalia a eficiência da gestão dos serviços municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário utilizando; bem como se tem o diagnóstico de Araújo *et al.* (2010), que aborda a avaliação da eficiência dos serviços de saneamento básico nos municípios do estado do Tocantins, associando a falta ou precariedade desses serviços às endemias de veiculação hídrica. O estudo envolve a Metodologia da Análise Envoltória de Dados com o fim de avaliar a eficiência dos municípios no combate dessas endemias, apontando para uma realidade que está relacionada à precariedade dos serviços de saneamento básico.

É relevante ser destacado que a análise de desempenho de produtividade também é aplicada no setor de energia elétrica. A experiência de Pires (2008) traz o uso da ferramenta DEA, envolvendo modelo simples, com dois insumos e dois produtos.

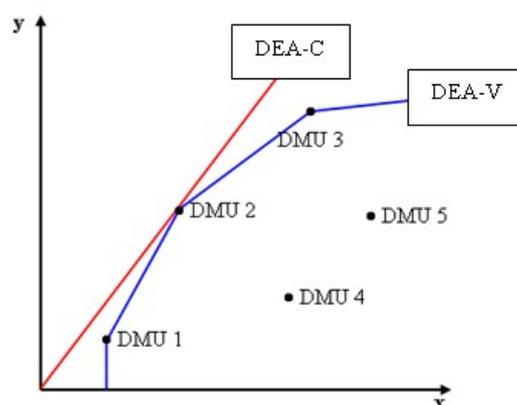
Em um segmento mais divergente, porém utilizando a mesma metodologia, Bayma (2011) investiga a eficiência de pecuária leiteira no estado do Acre. As 39 propriedades que serviram de amostra recebem tecnologias preconizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA através do Projeto de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira do estado do Acre.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E DADOS UTILIZADOS

Na metodologia DEA, seguindo a literatura referencial para este estudo, as firmas são consideradas unidades autônomas ou produtivas, ou seja, tomam decisões de forma individual e, neste sentido, passam a ser denominadas de *Decision Making Unit* – DMU, isto é, Unidades Tomadoras de Decisão. As unidades realizam as mesmas tarefas e se distinguem pelas quantidades

dos *inputs* que consomem e do *output* que resulta desse consumo. Analisa-se individualmente cada unidade produtiva, ou seja, cada município, medindo sua eficiência em relação a todo o conjunto que está sendo avaliado.

Em síntese, como ressalta Carmo (2003), a metodologia DEA é composta de três etapas: seleção das DMUs, sendo os mesmos *inputs* e *output* para as unidades produtivas; determinação dos *inputs* e *output*, considerando que as variáveis que apresentam grande correlação com outras poderão ser excluídas, pois sua contribuição não tem grande influência; e aplicação do Modelo e Análise dos Resultados, momento em que se define, conforme a Figura 2, o tipo de retorno de escala (DEA-C, com retorno constante de escala; ou DEA-V, com retorno variável de escala) e o tipo de abordagem (orientada a *input* ou *output*).



Fonte: Adaptado de Araújo *et al.* (2010)

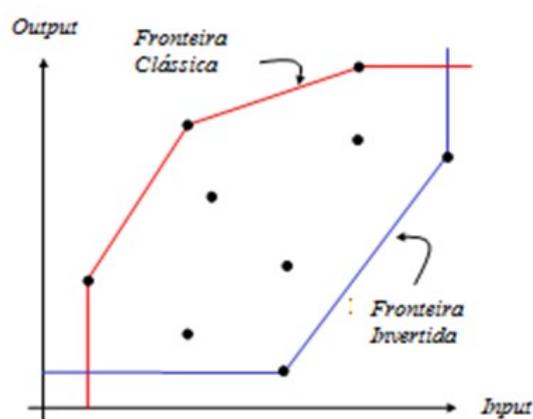
Figura 2 - Fronteiras de eficiência nos modelos DEA-C e DEA-V

Conforme já mencionado, existem duas formas básicas de uma unidade não eficiente tornar-se eficiente. A primeira é reduzindo os recursos, mantendo constantes os produtos (orientação a *inputs*); a segunda é fazendo o inverso (orientação a *outputs*). Assim, uma DMU eficiente apresentará eficiência padrão igual a 1 e uma ineficiente apresentará menor que 1. Nesse contexto, considerando que a coleta de resíduos sólidos urbanos é um serviço público, a orientação a *inputs* se mostra a mais adequada, tendo em vista que o poder público precisa fornecer um determinado nível de *output* utilizando uma menor quantidade de *input* (minimizando os recursos).

Contudo, segundo Araújo *et al.* (2010), é possível uma DMU apresentar uma falsa eficiência, tal ocorrência é chamada de baixa discriminação. Mesmo uma unidade pertencendo à fronteira de eficiência de outra, pode a primeira permanecer com sua produção diminuindo o nível de

utilização de insumos, por exemplo. Assim, diz-se que a DMU apresenta uma folga em sua utilização de insumos. Conforme Mello et al. (2005), esse problema resulta de empates que ocorrem entre DMUs com 100% de eficiência.

A baixa discriminação pode ser resolvida a partir do uso do conceito de fronteira de eficiência inversa ou invertida. Mello *et al.* (2005) e Leta *et al.* (2005) entendem que a fronteira de eficiência inversa consiste em uma avaliação pessimista da eficiência das DMUs, sendo composta pelas mais ineficientes, ou seja, com as piores práticas gerenciais. Na prática, faz-se a inversão dos *inputs* para *outputs*. A Figura 3 mostra as fronteiras clássica e invertida para o caso DEA - V.



Fonte: Mello *et al.* (2005)

Figura 3 - Fronteira clássica e invertida no modelo DEA- V

Como forma de contornar o problema da baixa discriminação, Leta *et al.* (2005) se baseia no conceito da eficiência composta, que consiste na média aritmética da eficiência segundo as óticas clássica e invertida, otimista e pessimista, respectivamente, conforme equação (5.1). Tais eficiências são oriundas das fronteiras DEA construídas.

$$Ef_{composta} = (Ef_{otimista} - Ef_{pessimista} + 1) \frac{1}{2} \quad (5.1)$$

Como forma de definir um índice de eficiência normalizada, segundo Araújo *et al.* (2010), tem-se a seguinte expressão:

$$Ef_{normalizada} = \frac{Ef_{composta}}{Ef_{máxima}} \quad (5.2)$$

A $Ef_{máxima}$ refere-se ao valor calculado do maior índice de eficiência composta.

Os dados correspondentes às variáveis consideradas neste trabalho são de origem do SNIS. O referido sistema coleta dados sobre a prestação de serviços de Água e Esgotos desde o ano de referência 1995 e sobre os serviços de manejo de Resíduos Sólidos Urbanos desde o ano de referência 2002.

O portal expõe, no tocante ao período de 2014, dados relacionados a 160 municípios paraibanos dos 223 existentes na ordem jurídica. No que tange aos indicadores escolhidos para efeito de *input* e *output* (localizados no SNIS-RS), dos 160 apresentados, apenas 41 unidades disponibilizaram as informações, ficando, dessa forma, definida a amostra de municípios paraibanos aqui utilizada.

Para efeito de aplicabilidade da metodologia DEA, os inputs escolhidos, dentre as variáveis existentes no portal, são os seguintes: IN006 - Despesa per capita com manejo de RSU em relação à população urbana (R\$/hab); IN019 - Taxa de empregados (coletadores + motoristas) na coleta (RDO + RPU) em relação à população urbana (empreg/1000 hab); e IN023 - Custo unitário médio do serviço de coleta (RDO + RPU) (R\$/t). Já o output escolhido foi a variável IN021 - Massa coletada (RDO + RPU) per capita em relação à população urbana (Kg/hab/dia).

6 RESULTADOS DE EFICIÊNCIA

Foram aplicados os modelos DEA-C e o DEA-V, utilizando-se para os cálculos o uso do software SIAD na versão 3.0 (MEZA et al.,2005). Os resultados mostram os índices dos dez municípios mais eficientes seguidos pelos dez menos eficientes, conforme Tabelas 1 e 2 (DEA-C e DEA-V, respectivamente), apresentando a eficiência padrão (clássica), a eficiência normalizada e as folgas das variáveis envolvidas. A ordenação das unidades deu-se a partir da eficiência clássica, seguida da eficiência normalizada. Verifica-se, em relação ao modelo DEA-C, que apenas dois municípios se apresentaram eficientes; quanto ao DEA-V, nove foram considerados eficientes. Como previsto, o número de unidades eficientes foi menor no DEA-C, tal efeito se dá por conta deste modelo apresentar hipóteses mais restritivas que o DEA-V, conforme já mencionado.

Como se pode observar, os municípios de Itapororoca e Salgado de São Félix se mostraram eficientes nos dois modelos. Chama a atenção Itapororoca, que foi o único município a apresentar a eficiência normalizada igual a 1. Todos os demais municípios apresentaram valores de eficiência normalizada inferiores a 1.

DMU	Eficiência clássica	Eficiência normalizada	Insumo 1	Insumo 2	Insumo 3	Produto 1
			Despesa per capita com manejo de RSU (R\$/hab)	Taxa de empreg. na coleta (empreg/1000hab)	Custo unitário médio da coleta (R\$/t)	Massa coletada per capita (Kg/hab/dia)
			Folga para diminuir	Folga para diminuir	Folga para diminuir	Folga para aumentar
Itapororoca	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Salgado de São Félix	1,000000	0,990214	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Uiraúna	0,999676	0,998945	4,473358	0,000000	12,406940	0,000000
Cabedelo	0,971371	0,927058	79,706745	0,000000	76,160495	0,000000
Fagundes	0,933029	0,950197	19,847141	0,266695	0,000000	0,000000
Campina Grande	0,812995	0,841208	35,004278	0,000000	106,913054	0,000000
Patos	0,791878	0,859651	31,378934	0,000000	62,277411	0,000000
Sapé	0,677113	0,817685	19,450598	0,000000	49,396191	0,000000
Pirpirituba	0,579008	0,757978	28,695844	0,000000	5,846864	0,000000
Riachão do Poço	0,440595	0,683222	0,000000	0,000000	17,843630	0,000000
Boqueirão	0,079188	0,106543	1,086701	0,000000	15,994721	0,000000
Santa Helena	0,072884	0,244767	2,864437	0,000000	6,083233	0,000000
Aguiar	0,068646	0,214721	0,000000	0,000000	3,479692	0,000000
Mogeiro	0,057725	0,185030	0,000000	0,000000	7,923734	0,000000
Lucena	0,056996	0,192676	0,000000	0,000000	4,184741	0,000000
Nova Palmeira	0,056875	0,185605	0,873374	0,000000	8,983169	0,000000
Areia	0,055144	0,097138	0,000000	0,000000	8,583902	0,000000
São Francisco	0,053908	0,158592	0,000000	0,000000	15,118528	0,000000
Princesa Isabel	0,053593	0,032602	0,000000	0,000000	14,101087	0,000000
Araruna	0,051757	0,026378	6,047407	0,000000	14,110988	0,000000

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados do SIAD

Tabela 1 - Relação das eficiências dos municípios paraibanos em ordem decrescente de Eficiência Clássica no modelo DEA-C

Identificou-se que os municípios que apresentam os piores escores de eficiência no DEA-C melhoraram suas classificações ordenadas no DEA-V. Contudo, apesar do aumento absoluto sobre o índice, São Francisco caiu duas casas na classificação no DEA-V, confirmando-se, assim, como uma referência de município ineficiente, por ter apresentado resultado negativo nos dois modelos DEA. Ressalte-se que o município, para que se torne eficiente, precisa diminuir e aumentar valores relacionados a insumos e produto, respectivamente, de acordo com as folgas expostas nas Tabelas 1 e 2. No caso de São Francisco, em relação ao modelo DEA-C, a intervenção seria na diminuição do custo unitário da coleta em R\$ 15,12/t, conforme Tabela 1; já no modelo DEA-V, seria na redução do mesmo insumo em R\$ 33,51, de acordo com a Tabela 2.

DMU	Eficiência clássica	Eficiência normalizada	Insumo 1	Insumo 2	Insumo 3	Produto 1
			Despesa per capita com manejo de RSU (R\$/hab)	Taxa de empreg. na coleta (empreg/1000hab)	Custo unitário médio da coleta (R\$/t)	Massa coletada per capita (Kg/hab/dia)
			Folga para diminuir	Folga para diminuir	Folga para diminuir	Folga para aumentar
Itapororoca	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,591975
Uiraúna	1,000000	0,999941	0,000000	0,000000	0,000000	0,925579
Salgado de São Félix	1,000000	0,980688	0,000000	0,000000	0,000000	0,857106
Fagundes	1,000000	0,966121	0,000000	0,000000	0,000000	1,483978
Patos	1,000000	0,942895	0,000000	0,000000	0,000000	0,965385
Campina Grande	1,000000	0,899878	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Cabedelo	1,000000	0,884109	0,000000	0,000000	0,000000	1,445071
Bom Jesus	1,000000	0,537428	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Pombal	1,000000	0,537428	0,000000	0,000000	0,000000	1,102767
Riachão do Poço	0,808774	0,869124	0,000000	0,000000	26,874101	0,499120
PedraBranca	0,201728	0,262498	0,000000	0,000000	16,665998	1,242084
São Mamede	0,200095	0,165637	0,000000	0,000000	0,000000	1,194799
Sobrado	0,193697	0,167662	0,000000	0,000000	21,192228	1,175561
Condado	0,184564	0,201242	0,000000	0,000000	10,682472	0,953450
Riacho de Santo Antônio	0,180890	0,212759	0,000000	0,000000	0,000000	1,038768
Lucena	0,177851	0,156772	0,000000	0,000000	4,174043	0,844154
Cajazeirinhas	0,176208	0,189961	2,582887	0,000000	0,000000	0,930372
Mãe D'Água	0,172807	0,109084	0,000000	0,000000	0,000000	0,075927
Aguiar	0,164439	0,091862	0,000000	0,000000	2,649048	0,879953
São Francisco	0,148339	0,079722	0,000000	0,000000	33,507043	0,000000

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados do SIAD

Tabela 2 - Relação das eficiências dos municípios paraibanos em ordem decrescente de Eficiência Clássica no modelo DEA-V

Percebe-se que o modelo DEA-V apresenta resultados mais otimistas, ou seja, menos folgas para serem reduzidas nos recursos, bem como valores para maximizar a produção. Tal efeito se dá por conta deste modelo apresentar hipóteses menos restritivas que o DEA-C, conforme já mencionado.

7 RESULTADOS DE EFICIÊNCIA

O estudo avaliou a eficiência dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos nos municípios paraibanos através da metodologia DEA. Tal objetivo é oriundo de uma necessidade de se avaliar a gestão de recursos públicos em um setor de grande importância nos dias atuais.

Para aplicação da metodologia, foram utilizados os métodos DEA-C e DEA-V, através do software SIAD. Chamou atenção o resultado do município de São Francisco. Considerando os piores índices de eficiência, a unidade foi a única da amostra paraibana a apresentar harmonia em seus escores, caracterizando-se como a pior situação encontrada na prestação dos serviços de coleta de RSU. Quanto à eficiência máxima, o destaque foi para Itapororoca, por também ter apresentado coerência nos seus resultados de eficiência, indicando ser o município com a melhor prática nos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos, considerando os critérios elencados neste trabalho.

Como recomendação para futuros trabalhos, sugere-se a atualização contínua do presente estudo, observando referências mais recentes (dados de 2015 em diante). Também se propõe ainda um estudo de caso para os municípios de São Francisco e Itapororoca, associando variáveis explicativas aos resultados de escores encontrados (variáveis dependentes), com o fim de encontrar os fatores que influenciam nos índices de eficiência relacionados aos serviços de limpeza urbana.

Percebe-se que a contribuição deste estudo não se limitou à obtenção de uma lista de escores de eficiência com as respectivas análises, mas também se compreendeu que a metodologia DEA é uma excelente ferramenta de *benchmarking* para as instituições, tanto públicas como privadas, no que concerne à avaliação de práticas de gestão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. F. V.; LIMA, J. C. M.; PAIXÃO, A. N.; PICANÇO, A. P. Avaliação da eficiência dos serviços de saneamento básico no combate às endemias nos municípios do Estado do Tocantins. **Informe Gepec**, Toledo, v. 14, n.2, p. 166-181, jul./dez. 2010.

BAYMA, M. M. A. **Análise da eficiência da pecuária leiteira no Estado do Acre**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 23 jul. 2016.

CARMO, C. M. **Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

GASPARINI, C. E. **Provisão de serviços públicos no Brasil: uma análise de aspectos sociais, técnicos e institucionais**. Tese (Doutorado em Economia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

LIMA, C. M. **Avaliação de desempenho das unidades de distribuição de uma Diretoria Regional dos Correios**

utilizando a análise envoltória de dados (DEA). 2006. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

LOVELL, C. A. K. Fronteiras de produção e eficiência produtiva. In: FRIED, H.O; LOVELL, C. A. K.; SCHIMIDT, S. S. (Eds.) **A Medida da Eficiência Produtiva: técnicas e aplicações.** Nova Iorque: Oxford University Press, 1993.

MAIA, H. J. L.; FREITAS, J. P.; ALENCAR, L. D.; CAVALCANTE, L. P. S.; BARBOSA, E. M. Legislação ambiental da Paraíba: contribuições à gestão integrada de resíduos sólidos. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 1, p. 14-19, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/15265/pdf>>. Acesso em: 28 Jul. 2016.

MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. Curso de Análise de Envoltória de Dados. In: XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 37. , Gramado, 2005. **Anais...** Gramado: SBPO, 2005. p. 2521-2547. Disponível em: <http://www.uff.br/decisao/sbpo2005_curso.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2016.

MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G. ISYDS - Integrated System for DecisionSupport (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopmentanalysismodel. **Pesquisa Operacional**, v. 25, (3), p. 493-503, 2005.

PARAÍBA. **Lei nº 10.488, de 23 de junho de 2015.** Aprova o Plano Estadual de Educação - PEE e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.al.pb.gov.br/leis-estaduais>>. Acesso em: 14 set. 2016.

PIRES, M. A. A. **Análise da evolução da eficiência das empresas distribuidoras de energia elétrica no Brasil, após a reestruturação do setor, no período de 2001 a 2005.** 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

SCARATTI, D.; MICHELON, W.; SCARATTI, G. Evaluation of municipal service management efficiency of water supply and sanitation using Data Envelopment Analysis. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 333-340, 2013.

SELUR. Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo. **Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana para os municípios brasileiros (ISLU).** Disponível em: < <http://www.selur.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2016/08/SELUR-ISLU-2016-ACESSIBILIZADO.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

SILVA, H.; BARBIERI, A. F.; MONTE-MÓR, R. L.. Demography of urban consumption: a study on the generation of solid waste in the city of Belo Horizonte. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 29, n. 2, p. 421-449, 2012.

SINIR. Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais.** Disponível em: <<http://sinir.gov.br/web/guest/2.5-planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 07 ago. 2016.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do Manejo do Resíduos Sólidos Urbanos - 2014.** Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/aplicacao-web-serie-historica>>. Acesso em: 02 ago. 2016.