

EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO COM ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: INDICAÇÕES PARA FORMULAÇÃO DE NOVO QUADRO INSTITUCIONAL PARA A REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Breno Ramos Sampaio

Graduando em Engenharia Civil
Universidade Federal de Pernambuco

Oswaldo Lima Neto

Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de Pernambuco

Yony Sampaio

Departamento de Economia / PIMES
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

O Sistema de Transporte Público de Passageiros da Região Metropolitana do Recife está vivenciando atualmente um processo de reestruturação. Uma análise de eficiência foi feita para selecionar sistemas eficientes e obter indicações que auxiliem nesse processo. Foram analisados doze sistemas europeus e sete sistemas brasileiros, dos quais, nove europeus e apenas um brasileiro mostraram-se eficientes. Os sistemas caracterizam-se por estruturas institucionais e tarifárias bastante distintas tendo, os eficientes, partição de poder do órgão gestor bastante democrática entre seus componentes e um sistema tarifário com múltiplas opções. Dentre as lições obtidas é sugerido que o sistema adote uma estrutura que tenha partição de poder bem distribuída, com participação dos diferentes níveis de Governo e de órgãos representativos da sociedade, e que tenha estrutura tarifária flexível procurando atender as necessidades variadas de deslocamentos favorecendo a mobilidade e fidelidade dos usuários e assim reduzindo custos e aumentando eficiência operacional.

ABSTRACT

The Transport System of the Recife Metropolitan Area is under change. As a subsidy to its change an efficiency analysis is done with the purpose of highlighting characteristics of the efficient systems. Twelve transport system from several countries in Europe and seven from Brazil are analysed: nine from Europe and only one from Brazil were found efficient. These system are characterized by very different power structure and tariff structure. Efficient ones adopted a more democratic power partition among communalities and established a more broad system of tariffs. Among other reason it is suggested that RMR adopts a structure that allows a more equal partition of the several municipalities comprising the Metro Area including representatives of users groups like workers associations and syndicates. Also it should adopt a more flexible system of tariffing giving advantages to usual users at the same time that decreases costs and improves the operational efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização que as grandes cidades vem vivenciando nas últimas décadas tem levado ao surgimento de vários problemas sócio-econômicos como o desenvolvimento urbano desestruturado, a sobrecarga da infra-estrutura existente, a falta de acesso à terra e à moradia adequada e, em destaque, a escassez de serviços urbanos. Estes problemas, somados à baixa renda da população e ao desemprego, acabam por expulsar as camadas mais pobres para zonas periféricas, onde os custos com moradia são menores. No entanto, essas áreas são desprovidas de serviços públicos, expandindo progressivamente o aglomerado urbano para outros municípios, o que aumenta sobremaneira os custos de provimento das infra-estruturas urbanas. Serviços de transporte público, pensados tecnicamente para trabalhar em áreas onde existe uma determinada densidade, passam a ofertar um serviço de baixa frequência e de péssimo nível, em função das longas distâncias e de um sistema viário precário. A expansão urbana desordenada obriga a rede

de transporte coletivo a ir se formando de forma desordenada e irracional, sendo a superposição de linhas uma das características dessa irracionalidade. Agregue-se a isto a descoordenação das redes municipais e intermunicipais, com mais superposição e irracionalidade no conjunto.

A expansão urbana enseja o fenômeno da conurbação, no qual a mancha urbana vai passando sobre os limites político – administrativos dos municípios. Independente disto, os habitantes em qualquer lugar da região desejam um atendimento adequado de transporte coletivo, que lhes permitam usufruir as oportunidades de emprego, de compras, de saúde, de educação e de lazer. Logo, a necessidade de uma rede de transporte público metropolitana que garanta a todo o cidadão desta região metropolitana uma alta mobilidade e acessibilidade às citadas oportunidades, através de um transporte rápido, seguro, regular, confiável e com o pagamento de uma só tarifa, para movimentos porta a porta, parece evidente e lógica. Contudo, o alcance deste objetivo que parece lógico sob o ponto de vista social e econômico, muitas vezes é difícil, em função das disputas de poder de mando na questão entre o Estado e os Municípios, o chamado problema institucional. Portanto, o primeiro passo para obtenção desta rede integrada metropolitana de transporte coletivo, é a obtenção do consenso político entre Estados e Municípios metropolitanos sobre como deve se estruturar este sistema de transporte. Principalmente, como deve ser a repartição de poder de mando entre eles, como deve ser o sistema de gestão, como deve se configurar a rede de transporte e sua regulamentação.

O objetivo principal do trabalho consiste na proposição de diretrizes para criação de novo quadro institucional de transporte para a RMR – Região Metropolitana de Recife - baseada na análise de empresas com níveis de eficiência técnica satisfatórios obtidos pelo método de programação linear – Metodologia DEA (Data Envelopment Analysis). Em outras palavras, a análise DEA seleciona sistemas eficientes os quais são analisados comparativamente aos ineficientes, para obtenção de indicações que auxiliem na orientação ao sistema da RMR.

Após essa breve introdução, a próxima seção revisa a questão de qualidade e eficiência de sistemas de transporte público. Na terceira seção, resume-se a metodologia de análise envoltória de dados (DEA) adotada para mensuração de eficiência dos sistemas de transporte. Na quarta seção, há um breve resumo de estudos já realizados sobre eficiência de sistemas de transporte público. Na quinta seção, têm-se os sistemas de transporte analisados e ainda os dados e variáveis escolhidas. Na sexta seção, descreve-se a Empresa Metropolitana de Transporte Urbanos – EMTU/Recife e o Consórcio Metropolitano de Transportes. Na sétima seção, colimam-se os resultados encontrados e na oitava, indicam-se elementos explicativos dos resultados. Na última seção, propõe-se indicações para formulação de novo quadro institucional para a RMR.

2. QUALIDADE E EFICIÊNCIA NO TRANSPORTE PÚBLICO

A qualidade e a eficiência de sistemas de transporte público pode ser aferida com base em uma série de fatores, sejam eles ligados à qualidade de serviço ofertado – eficiência em desempenho de serviço concebido em nome da população – ou ao desempenho das agências e/ou empresas encarregadas do serviço.

Como exemplo, Santos (2000) indica como principais fatores característicos da qualidade de um sistema de transporte público urbano: (a) acessibilidade ao sistema, determinada pela distância

que os usuários devem percorrer desde sua origem até o ponto de embarque e do ponto de desembarque até seu destino final, (b) tempo de viagem, determinado pela velocidade comercial dos veículos e da geometria das linhas, (c) confiabilidade, determinada pelo grau de incerteza que os usuários tem sobre os horários de saída e de chegada dos veículos, (d) frequência de atendimento, determinada pelo intervalo de tempo entre passagens consecutivas de veículos pelos pontos de parada, (e) lotação, determinada pela relação entre o numero de passageiros no interior do veículo nos horários de pico, momento de lotação máxima, e sua capacidade, (f) características dos veículos, como seu estado de conservação e a sua tecnologia, (g) facilidade de utilização, parâmetro envolvendo aspectos como a sinalização dos pontos de parada, divulgação de horários e distribuição de mapas e (h) mobilidade, caracterizada pelo grau de facilidade de locomoção das pessoas de um local para outro da cidade, utilizando o transporte público.

Ao lado dessas características, ligadas a qualidade de serviço prestado, há ainda indicadores de desempenho do sistema/empresa, indicativos da eficiência, que em geral procuram minimizar os recursos utilizados, como custo operacional por passageiro transportado, tamanho da frota, mas sem lotação e nem tempo de viagens excessivos, o número de funcionários; ou indicativos de eficácia como o número de passageiros transportados em relação à população, a extensão de linhas em relação à área servida, o nível de satisfação dos usuários, determinando tarifa compatível com a qualidade de serviço.

3. MEDINDO A EFICIÊNCIA NO TRANSPORTE PÚBLICO – A ABORDAGEM DEA

O grau de eficiência dos sistemas de transporte foi determinado pelo método de análise de envoltória de dados (data envelopment analysis - DEA). Neste método, os sistemas urbanos de transporte são considerados unidades de tomada de decisão (decision making units – DMUs) que são avaliadas por suas eficiências relativas às unidades identificadas como eficientes e que compõem a fronteira tecnológica. De acordo com a forma da fronteira, têm-se duas abordagens distintas – a paramétrica e a não-paramétrica. No primeiro caso, postula-se que a fronteira do conjunto produtivo pode ser representada por uma função de produção caracterizada por parâmetros constantes. Este método foi utilizado, pioneiramente, por Aigner e Chu (1968). Com isso, uma forma funcional é definida *a priori* para a tecnologia e a estimação é feita, normalmente, através de métodos econométricos. A especificação da função de produção é a maior limitação da abordagem paramétrica, uma vez que as medidas de eficiência podem variar muito de acordo com a função escolhida. A forma não-paramétrica não se baseia em uma função especificada *a priori*. A forma da fronteira do conjunto produtivo é determinada considerando que o conjunto de produção deve satisfazer determinadas propriedades. O método DEA está inserido na abordagem não-paramétrica, e emprega o método de programação matemática para estimar modelos de fronteiras de produção e obter os escores de eficiência. Este método é baseado no trabalho de Farrell (1957), posteriormente popularizado por Charnes et al. (1978).

No DEA, as DMUs realizam tarefas similares e se diferenciam pelas quantidades dos insumos que consomem e dos produtos que resultam. Supõe-se que o conjunto de possibilidade de produção, como se mencionou anteriormente, deve satisfazer determinadas propriedades, ou seja, não há suposições sobre a fronteira propriamente dita. O conjunto de produção é limitado pela fronteira de produção composta por aquelas DMUs que são eficientes. A determinação das

DMUs eficientes é feita através da resolução, para cada uma delas, de um sistema de equações lineares definido para mensurar o nível de eficiência de cada DMU.

O modelo proposto por Charnes et al. (1978), com retornos constantes de escala, pode ser resumido supondo-se N firmas ou DMUs utilizando I insumos para produzir P produtos. O índice i indica a i-ésima DMU, para a qual os vetores x_i e y_i representam a quantidade de insumos e produtos. O objetivo é construir uma fronteira não paramétrica que envelope os dados, de forma que todas as unidades se encontrem sobre ou abaixo desta fronteira. Para cada DMU é maximizada a razão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos, onde u é um vetor $P \times 1$ dos pesos associados ao produto e v um vetor $I \times 1$ dos pesos associados aos insumos. Os valores de u e v são tratados como incógnitas e calculados de forma a maximizar a eficiência de cada DMU. Para cada DMU é desenvolvido o seguinte problema:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{u,v} \quad & (u^t y_i / v^t x_i), \\ \text{sujeito a} \quad & (u^t y_j / v^t x_j) \leq 1, \quad j = 1, \dots, N, \\ & u \geq 0 \quad \text{e} \quad v \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

O modelo descrito acima apresenta um número infinito de soluções. Pois, se (u^*, v^*) é uma solução do problema, então $(\alpha u^*, \alpha v^*)$ também é uma solução possível. Esse problema foi resolvido por Charnes et al. (1978) impondo a condição $v^t x_i = 1$. Dessa forma, o novo problema de programação linear é:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{u,v} \quad & u^t y_i, \\ \text{sujeito a} \quad & v^t x_i = 1, \\ & u^t y_j - v^t x_j \leq 0, \quad j = 1, \dots, N, \\ & u \geq 0 \quad \text{e} \quad v \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Essa nova forma é conhecida como forma multiplicativa e apresenta um grande número de restrições, não sendo adequada para efeitos computacionais. Utilizando a propriedade da dualidade da programação linear, o problema pode ser formulado de uma forma equivalente, porém com menos restrições ($I+P < N+1$).

$$\begin{aligned} \text{Min}_{\theta, \lambda} \quad & \theta, \\ \text{sujeito a} \quad & Y\lambda - y_i \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0. \end{aligned} \quad \begin{aligned} \text{onde } \theta: & \text{escore de eficiência;} \\ \lambda: & \text{vetor } N \times 1 \text{ de constantes;} \\ X: & \text{matriz dos insumos } (I \times N); \\ Y: & \text{matriz dos produtos } (P \times N). \end{aligned} \quad (3)$$

O problema de programação linear é resolvido N vezes, uma para cada DMU. O valor de θ é o escore de eficiência e deve satisfazer a condição $\theta \leq 1$.

O uso de retornos constantes de escala, quando nem todas as DMUs estão operando na escala ótima, resulta em medidas de eficiência técnica influenciadas pelas medidas de eficiência de escala. Nestes casos, a abordagem por retornos variáveis de escala permite a medição da eficiência técnica sem a interferência da eficiência de escala.

A extensão desse modelo, passando a considerar rendimentos variáveis de escala, foi feita por Banker et al. (1984), adicionando a restrição de convexidade ($z^t\lambda = 1$), obtendo o seguinte problema:

$$\begin{aligned} \text{Min}_{\theta, \lambda} \quad & \theta, \\ \text{sujeito a} \quad & Y\lambda - y_i \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & z^t\lambda = 1, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad \text{onde } z: \text{ vetor unitário } N \times 1. \quad (4)$$

Convém registrar que uma das vantagens da metodologia DEA, quando usada para medir a eficiência técnica, é que ela pode produzir automaticamente “unidades alvos” sempre que encontrar unidades ineficientes. Tais “unidades alvos” podem ser “virtuais” e não necessariamente uma DMU existente, ou seja, a “unidade alvo” pode ser uma combinação linear das unidades eficientes em relação à DMU ineficiente. Assim a metodologia DEA estabelece que uma determinada DMU é ineficiente e identifica as DMUs para as quais esta unidade é ineficiente. Há, então, a determinação de um conjunto de pesos λ indicando uma combinação de unidades eficientes e representando a proporção em que o produto da unidade ineficiente poderia ser produzido usando menos insumos, em relação às “unidades alvos” (Régis, 2001).

4. ESTUDOS EMPÍRICOS ANTERIORES

Karlaftis (2004) fez uma revisão cronológica dos trabalhos que tratam da análise da performance de sistemas de transporte: Tomazinis (1977) especificou um conjunto de indicadores para medir a performance dos sistemas públicos de transporte e definiu os aspectos conceituais para tal avaliação, como: eficiência, produtividade e qualidade do serviço prestado. Fielding et al. (1978, 1985a,b) indicam impressionante número de indicadores que podem ser usados para avaliar performance, separados em três categorias: eficiência, eficácia e por fim, a performance global, incorporando as duas primeiras.

Viton (1997) estudou a eficiência do sistema de ônibus americano, usando DEA, para amostra de 217 empresas públicas e privadas, com os seguintes indicadores: veículos/distância percorrida em milhas e passageiros transportados como produtos (outputs) e velocidade média, idade média da frota, milhas percorridas, galões de combustível utilizados pela frota, mão de obra do serviço de transporte, mão de obra da manutenção, mão de obra administrativa, mão de obra do capital, custos de serviços do sistema, custos de seguro e outros custos como insumos (inputs).

Chu et al. (1992) e Viton (1998) usaram DEA para desenvolver uma única medida de performance e indicaram que a produtividade do sistema de ônibus americano aumentou levemente de 1988 a 1992. Notaram ainda que, em geral, eficiência e eficácia são negativamente correlacionadas.

Nolan (1996) realizou estudo de eficiência técnica de 29 empresas médias de transportes por ônibus americanas utilizando DEA. Os indicadores de insumos foram: o número de ônibus da

frota ativa; o número de empregados; e a quantidade de combustível consumida; e como único produto: veículos por milhas percorridas.

Karlaftis e McCarthy (1997) encontraram que sistemas de transporte com altos escores em um atributo da performance (como, eficiência, eficácia ou performance global) em geral também obtêm bons resultados nos demais indicadores, resultado que contradiz Chu et al. (1992).

Karlaftis (2004) usou DEA para 259 sistemas nos EUA, com três modelos diferentes de acordo com a escolha dos indicadores resultados. Assim, os modelos se diferenciam pela escolha dos *outputs*: veículos/distância percorrida em milhas; passageiros/milhas percorridas ou passageiros transportados; ou ambos conjuntamente. Como insumos, utilizou: número total de empregados; volume de combustível em galões; e número de veículos do sistema. Concluiu que a eficiência está relacionada positivamente à eficácia e que a magnitude da economia de escala depende da especificação do produto escolhida.

Husain et al. (2000), também usando DEA, avaliaram a eficiência do setor público de transporte da Malásia, incluindo 46 unidades de serviço, usando como insumos: o número de empregados e os custos com mão de obra e como produto: a quantidade total de serviço oferecida e a receita das empresas. Concluiu que as empresas mais eficientes correspondiam as de altas receitas.

Pina e Torres (2001) usaram DEA para comparar a eficiência do setor privado e público na Espanha. Escolheram como insumos: combustível/km; custos/km ou custos/passageiro; e subsídio/passageiro. Como produtos: número de ônibus-km/empregado – indicador que provê informação sobre a performance do transporte urbano com respeito ao número de empregados; número de ônibus-km/ano – indicador que mostra a produtividade média e o grau de utilização dos ônibus dos sistemas de transporte urbano; número de ônibus-km/habitantes – representa a oferta pública de transporte; e ainda como indicadores de qualidade: taxa de acidentes e frequência e agilidade da prestação do serviço.

5. SISTEMAS DE TRANSPORTE ANALISADOS, VARIÁVEIS E DADOS

Foram analisados 19 sistemas de transporte público metropolitano: sete brasileiros, cinco espanhóis, dois ingleses, um francês, um alemão, um holandês, um grego e um lituânio. A escolha de sistemas de distintos países, mesmo que existam diferenças nas políticas referentes ao transporte público, é justificada pelo comportamento similar dos sistemas em que se busca sempre economizar insumos e ampliar os serviços, assegurando a mais alta qualidade possível.

A escolha de indicadores chaves que permitam a avaliação da performance dos sistemas de transporte e a comparação entre eles através de modelo matemáticos, sendo o DEA um dos mais utilizados, tem sido uma busca de diversos autores, pois, o grande número de variáveis que podem ser utilizadas impossibilita uma comparação mais direta entre os sistemas, não permitindo a generalização dos resultados (Benjamin e Obeng, 1990).

Geralmente para modelagem de eficiência dos sistemas de transportes são utilizados três insumos básicos: trabalho, combustível e capital da empresa. O trabalho pode ser representado pelo número total de empregados (operadores, da manutenção, e da administração) ou,

alternativamente, pelos custos de mão de obra. O consumo de combustível é medido diretamente pela quantidade anual total utilizada no sistema, em galões ou litros. O capital da empresa pode ser aproximado pelo número de veículos operados pelo sistema. Diversas variantes destas variáveis-insumos podem ser utilizadas, como mostrado na seção 4. A definição dos produtos (outputs) é mais complexa, mas, em geral, baseia-se em indicadores de eficiência e eficácia. Muitos autores têm sugerido (ver Fielding, 1987) o uso de veículos/distância percorrida como medida de eficiência e o número de passageiros/distância percorrida, como parâmetro de eficácia, sendo uma combinação desses dois representativa de uma medida de performance combinada ou global.

Considerando a disponibilidade de dados para os sistemas analisados, foram escolhidos três insumos: custo operacional do sistema; número total de veículos equivalentes; e número de empregados; contemplando assim as variáveis básicas de um sistema de produção citados acima – mão de obra, capital e o custo operacional que inclui gastos com combustível e outros. A variável número total de veículos equivalentes incorpora correção para distintas modalidades de transporte – trem e ônibus; para equivalência tomou-se por base o número de assentos em cada veículo. A variável número de empregados contém, exclusivamente, os empregados nos sistemas gestores de transporte. Dessa forma, a ênfase é no órgão gestor e não nas prestadoras/operadoras de serviço. Para produto, foi escolhido o número total de passageiros transportados pelo sistema, variável normalmente considerada que representa a eficiência do serviço. Os dados para os sistemas brasileiros foram obtidos no Anuário ANTP (2001) e para os internacionais nos sites www.apta.com e www.emta.com. Vale salientar que neste estudo adotou-se o modelo orientado para produto, de forma a otimizar o uso de recursos, como possibilidades de remanejamento de pessoal, frota existente, etc, com vistas a maximizar a produção, seja em termos de número de viagens realizadas, número de quilômetros em serviço ou número de passageiros transportados, entre outros. E ainda que, em virtude da grande variação nos tamanhos e características de cada região analisada, optou-se pelo modelo DEA com Retornos Variáveis de Escala (DEA-V).

Uma vez que o objetivo central do trabalho é a proposição de diretrizes para criação de novo quadro institucional para o transporte na Região Metropolitana do Recife, a Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos – EMTU/Recife – e o Consórcio Metropolitano de Transportes serão descritos sucintamente na próxima seção.

6. EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS - EMTU/RECIFE E O CONSÓRCIO METROPOLITANO DE TRANSPORTES

A EMTU/Recife é o órgão executivo da política de transporte público da Região Metropolitana do Recife definida pelo Conselho Metropolitano de Transporte Urbano – CMTU, que é composto por 29 membros dentre eles representantes do Governo do Estado, dos 14 Prefeitos da RMR, da Assembléia Legislativa, das Câmara de Vereadores dos Municípios da RMR, dos operadores públicos e privados, do pessoal de operação, de usuários e do setor produtivo e de serviços.

O Sistema de Transporte Público de Passageiros da Região Metropolitana do Recife está vivenciando atualmente um processo de reestruturação institucional que pretende instituir um organismo de gestão metropolitana de transporte público com participação efetiva do Estados e dos Municípios da RMR, denominado Consórcio Metropolitano de Transporte, que viria a

substituir a EMTU/Recife. Suas principais funções serão: planejar, gerenciar e controlar os serviços de transportes; gerenciar financeiramente o sistema; e diligenciar para a universalização do acesso ao transporte. Sua Estrutura Organizacional será composta das seguintes entidades: (a) Assembléia de Acionistas: com atribuição para aprovação de políticas, propor diretrizes, projetos e modelos relativos ao sistema de transporte, (b) Conselho de Administração: com atribuição para aprovação de políticas, diretrizes e projetos relativos ao Órgão Executivo, (c) Conselho Fiscal: ações de acompanhamento e fiscalização financeira do Consórcio, (d) Conselho Consultivo: com objetivo de opinar sobre a definição de políticas, planos e projetos a serem estabelecidos pelo Consórcio e (e) Órgão Executivo: com atribuição de gerenciar e delegar os serviços de transportes. O consórcio será uma empresa estadual, ficando o Estado com 50% das ações mais uma, a Prefeitura do Recife com 30% e os demais municípios com o restante.

7. RESULTADOS

Os escores de eficiência dos sistemas de transporte público encontrados estão listados na Tabela 1. Os sistemas que foram considerados eficientes são: Sevilha, Madri, Barcelona, Bilbao, Valência, Manchester, Amsterdã, Atenas, Vilnius e São Paulo.

Tabela 1: Escore de Eficiência Técnica dos Sistemas de Transporte Público

Sistema	Escore	Sistema	Escore
Sevilha	100,00%	Atenas	100,00%
Madri	100,00%	Vilnius	100,00%
Barcelona	100,00%	Recife	61,86%
Bilbao	100,00%	Belo Horizonte	69,88%
Valencia	100,00%	Fortaleza	75,90%
Londres	78,61%	João Pessoa	91,27%
Manchester	100,00%	Salvador	95,34%
Lyon	62,05%	São Paulo	100,00%
Frankfurt	71,65%	Teresina	82,50%
Amsterdã	100,00%		

Fonte: resultados do software EMS.

Dos sistemas brasileiros analisados, apenas um obteve escore de eficiência igual a 100%, que representa apenas 14% dos sistemas brasileiros analisados. Nos sistemas europeus, nove obtiveram escore de eficiência máximo, que representa 75% dos sistemas europeus analisados. A Tabela 2 apresenta um resumo estatístico dos valores de escores mínimo, médio e máximo obtidos para o modelo DEA-V.

Tabela 2: Resumo Estatístico dos Escores de Eficiência Técnica

Estatística	DEA-V
Mínima	61,86%
Média	88,89%
Máxima	100%

Fonte: resultados do software EMS.

Observa-se que 12 sistemas apresentam escores de eficiência maiores que a média que foi de 88,89%. Para os sistemas brasileiros, apenas três apresentam escores maiores que a média. O número de vezes que cada sistema eficiente aparece como parâmetro para os sistemas ineficientes é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Número de vezes que cada sistema eficiente aparece como referência para os sistemas ineficientes

Sistema	Número de vezes como referência	Sistema	Número de vezes como referência
Amsterdã	7	Bilbao	1
Sevilha	6	Valência	1
Vilnius	4	Manchester	1
Madri	2	Barcelona	-
São Paulo	2	Atenas	-

Fonte: resultados do software EMS.

Pode-se observar que o sistema de Amsterdã serve de referência para sete sistemas ineficientes e os sistemas de Barcelona e Atenas não servem de referência para nenhum sistema ineficiente. A importância da representatividade dos sistemas eficientes que servem de referência para os sistemas ineficientes está no fato de que as práticas adotadas pelos municípios eficientes podem servir para contribuir para um aumento da eficiência dos sistemas ineficientes.

8. ANÁLISE DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

Os escores de eficiência dos sistemas de transporte foram analisados segundo os seguintes critérios: partição do poder entre os componentes do órgão gestor e sua estrutura tarifária.

8.1. Eficiência e Partição do Poder

A partição do poder entre os componentes participantes do órgão gestor varia bastante entre os sistemas analisados. Essa variação tanto se dá na composição, entes participantes, como no percentual designado a cada um deles. Segundo Sampaio e Lima Neto (2005), quanto mais distribuído o poder entre os agentes participantes, em princípio, mais fácil torna-se o processo de tomada de decisão e melhor a aceitação das mesmas pelos componentes do órgão. Por outro lado, a predominância de um agente (mais de 50%) pode enfraquecer a parceria, pois uma representação pode decidir isoladamente. O processo de decisão, no entanto, se torna mais complexo. A predominância de um agente facilita a tomada de decisão e pode até levar a maior eficiência do sistema; mas pode enfraquecer, como dito, a participação e a divisão de responsabilidades e custos. A participação de governo e usuários é outro aspecto importante para validar a aceitação do sistema. Para avaliar comparativamente os sistemas analisados quanto à partição do poder, foi proposto o seguinte problema:

$$Y = N.[1 - (K_1 - K_2)/K_1] \quad (5)$$

$$\text{para } K_1 = (100/N) \cdot \sum_{j=1}^N [N_j + \sum_{i=j}^N (N_{i+1})] \text{ e } K_2 = \sum_{j=1}^N r_j [N_j + \sum_{i=j}^N (N_{i+1})], \text{ sujeito a } P_i < P_{i+1}$$

onde N é o número de componentes do órgão gestor e P a porcentagem correspondente para cada componente. Sendo sempre $N_i = 1$ e definindo-se $N_{N+1} = 0$, o valor de $[1 - (K_1 - K_2)/K_1]$ pode variar de 0, quando a distribuição do poder é desigual ao máximo, até 1, quando é uniforme ao máximo. Esta relação é semelhante ao coeficiente proposto por Gini (Sen, 1973). Esse valor é multiplicado por N , para expressar que quanto maior o número de participantes na gestão do órgão mais eficiente o sistema deve ser. Com os valores de Y obtidos construiu-se o Gráfico 1 (não há dados para os sistemas de Londres, Manchester, Frankfurt, Amsterdã e Vilnius).

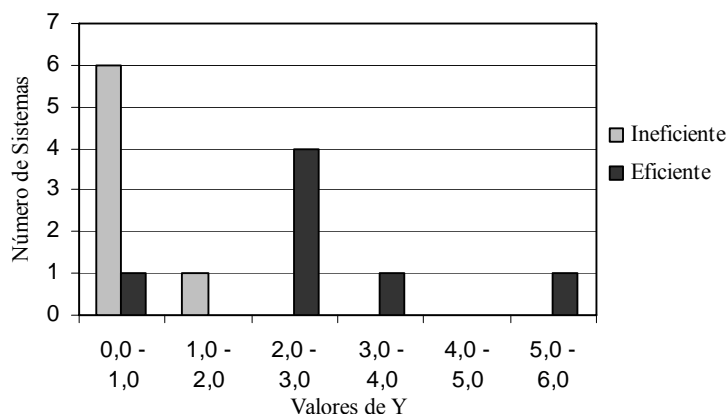


Gráfico 1: Valores de Y obtidos para os Sistemas

Nota-se que os sistemas eficientes, com exceção de São Paulo, tem o valor de Y mais elevado que os sistemas ineficientes mostrando que quanto maior o número de entes participantes e quanto maior a repartição do poder entre estes entes, o sistema pode ser considerado mais eficiente. Ou seja, a partição do poder apresenta para os sistemas analisados, elevada correlação com sua eficiência. O sistema que obteve valor de Y mais elevado foi Madri, que possui 7 entes participantes no órgão gestor sendo o maior a Comunidade de Madri com 25% e o menor as Associações de Consumidor com 5% mostrando elevada repartição do poder. Os demais entes são o Município de Madri, os demais municípios da Região Metropolitana, o Governo Central, Associações de Empresários e os Sindicatos contemplando a participação dos Governos e dos usuários como constatou Sampaio e Lima Neto (2005).

Para o Consórcio Metropolitano proposto para a Região Metropolitana de Recife, o valor de Y é de 2,58 indicando boa distribuição de poder entre os entes participantes. Porém, a participação de órgãos representativos da sociedade é nula.

8.2. Eficiência e Estrutura Tarifária

Para os sistemas eficientes, com exceção de São Paulo, constatou-se que a estrutura tarifária é composta de três produtos básicos: (a) bilhetes unitários, com um crédito de viagem, (b) bilhetes múltiplos, com número de créditos de viagem maior que um, e (c) passes, que são bilhetes ou cartões com validade semanal, mensal ou anual para ilimitadas utilizações integradas. Para os ineficientes, com exceção de Londres, Lyon e Frankfurt, não há uma composição dos três produtos básicos acima citados, havendo somente bilhetes unitários.

Constatou-se ainda que o valor das tarifas varia de acordo com as zonas tarifárias, onde se situa o usuário e o número de zonas a ser atravessado pelo mesmo, e, apenas para os sistemas eficientes, com exceção de São Paulo, com o número de créditos de viagens ou período de validade dos passes, havendo decréscimo relativo ao valor de um crédito de viagem na medida em que se aumenta o número de créditos de viagens ou o período de validade das passagens. O valor final da tarifa é então calculado como função do tipo de passagem escolhida e da(s) zona(s) metropolitana(s) onde se deseja realizar o deslocamento.

Portanto, a estrutura tarifária dos sistemas de transporte público deve ser bem definida no sentido de disponibilizar aos passageiros vários tipos de bilhetes, devidamente adequados as suas necessidades, obtendo assim maior fidelidade e mobilidade dos passageiros.

9. LIÇÕES VISANDO A FORMULAÇÃO DE NOVO QUADRO INSTITUCIONAL PARA A RMR

A análise de eficiência de sistemas de transporte brasileiros e alguns sistemas europeus reveste-se de grande importância por permitir apontar rumos para a melhoria desses sistemas. A utilização do modelo DEA com retorno variável de escala, com um produto e três insumos, mostrou que apenas 14,3% dos sistemas brasileiros analisados obtiveram escores de eficiência máximo, ao passo que apenas 5,3% dos brasileiros foram eficientes em relação ao total dos sistemas analisados. Para os sistemas europeus, apenas 25% mostraram-se ineficientes. Os sistemas eficientes foram analisados visando determinar características diferenciais em relação aos ineficientes. Duas características principais foram destacadas: o número de participantes e a partição de poder entre eles e a estrutura tarifária.

Em relação à partição do poder, foi desenvolvido coeficiente que leva em conta o número de participantes e a distribuição de poder. Foi constatado que os sistemas eficientes são relativamente bem discriminados em relação aos ineficientes apontando que quanto maior o número de entes participantes dos diferentes níveis de Governo – Federal, Estadual e Municipal – e de órgãos representativos da sociedade, e quanto mais distribuída for a repartição do poder entre estes entes, maior eficiência o sistema alcançará. Este resultado deve nortear a busca de sistemas mais democráticos, tanto por corresponderem a sociedades mais evoluídas como por se traduzirem em maior nível de eficiência.

A análise da estrutura tarifária utilizada por cada sistema mostrou que os sistemas eficientes, com exceção de São Paulo, disponibilizam aos usuários bilhetes unitários, bilhetes múltiplos e passes procurando atender as necessidades variadas de deslocamentos, favorecendo a mobilidade e a fidelidade, ao mesmo tempo em que o custo é reduzido e a eficiência operacional é elevada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIGNER & CHU, X. (1968) *On Estimating the Industry Production Function*. American Economic Review, 5(4), p. 826-839.
- ANTP (2001) Anuário ANTP dos Transportes Públicos. Associação Nacional dos Transportes Públicos, São Paulo, SP, <http://www.antp.org.br>.
- American Public Transportation Association: <http://www.apta.com>, acessado em 2005.

- BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER, W.W. (1984) *Some models for estimating technical and scale inefficiencies*. Management Science, 30, p. 1078–1092.
- BENJAMIN, J., OBENG, K. (1990) *The effect of policy and background variables on total factor productivity for public transit*. Transportation Research 24B (1), p. 1–14.
- CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. (1978) *Measuring the efficiency of decision making units*. European Journal of Operational Research, 2, p. 429–444.
- CHU, X., FIELDING, G.J., LAMAR, B.W. (1992) *Measuring transit performance using data envelopment analysis*. Transportation Research 26A (3), p. 223–230.
- Efficiency Measurement System – EMS. Software desenvolvido por Holger Scheel, disponível no site: www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems/, acessado em 2005.
- Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos – EMTU/Recife: <http://www.emtu.pe.gov.br>, acessado em 2005.
- European Metropolitan Transport Authorities: <http://www.emta.com>, acessado em 2005.
- FARRELL, M. J. (1957) *The measurement of productive efficiency*. Journal of the Royal Statistical Society. 120, p. 449–460.
- FIELDING, G.J. (1987) *Managing Transit Strategically*. Jossey-Bass Publishers, San Francisco, C.A..
- FIELDING, G.J., GLAUTHIER, LAVE, C.A. (1978) *Performance indicators for transit management*. Transportation 7, p. 365–379.
- FIELDING, G.J., BABITSKY, T.T., BRENNER, M.E. (1985a) *Performance evaluation for bus transit*. Transportation Research 19A (1), p. 73–82.
- FIELDING, G.J., BRENNER, M.E., FAUST, K. (1985b) *Typology for bus transit*. Transportation Research 19A (3), p. 269–278.
- HUSAIN, N., ABDULLAH, M., KUMAN, S. (2000) *Evaluating public sector efficiency with data envelopment analysis (DEA): a case study in road transport department*. 11 (4,5 & 6), p. 830–836.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: http://www.ipea.gov.br/pub/td/td_295.pdf, acessado em 2005.
- KARLAFTIS, M. G. (2004) *A DEA approach for evaluating the efficiency and effectiveness of urban transit systems*. European Journal of Operational Research 152, p. 354–364.
- KARLAFTIS, M. G., McCarthy, P. S. (1997) *Subsidy and public transit performance: A factor analytic approach*. Transportation 24, p. 253–270.
- NOLAN, J.F. (1996) *Determinants of productive efficiency in urban transit*. Logistics and Transportation Review 32 (3), p. 319–342.
- PINA, V., TORRES, L. (2001) *Analysis of the efficiency of local government services delivery. An application to urban public transport*. Transportation Research Part A 35, p. 929–944.
- RÉGIS, F. A. P. (2001) *Eficiência de Custo no Setor Bancário Brasileiro*. Recife. 115 pg. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.
- RICHARDSON, Harry W. (1978) *Economia Urbana*. Tradução: Flávio Wanderley Lara. Rio de Janeiro: Interciência, 194p.
- SAMPAIO, B. R., LIMA NETO, O. (2005) *Transporte público de passageiros em regiões metropolitanas – estudo comparativo visando a formulação de um novo quadro institucional para a RMR*. Anais da ANTP.
- SANTOS, B. J. (2000) *A qualidade no serviço de transporte público urbano*. Arquivo PDF.
- SEN, A. (1973) *On Economic Inequality*. Clarendon Press, Oxford.
- TOMAZINIS, A.R. (1977) *A study of efficiency indicators of urban public transportation systems*. Final Report, DOT-TST-77-47, USDOT, Washington, DC.
- VITON, P.A. (1997) *Technical efficiency in multi-mode bus transit: A production frontier analysis*. Transportation Research B 31, p. 23–39.
- VITON, P.A. (1998) *Changes in multi-mode bus transit efficiency, 1998–1992*. Transportation 25, p. 1–21.

Breno Ramos Sampaio (brenosampaio@hotmail.com)
 Oswaldo Lima Neto (oswaldolimaneto@yahoo.com.br)
 Yony Sampaio (ysampaio@elogica.com.br)
 Departamento de Economia / PIMES, Universidade Federal de Pernambuco,
 Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil. Tel.: (81) 2126-8380