

MODELAGEM DA EFICIÊNCIA DE LINHAS DE ÔNIBUS URBANO UTILIZANDO O MÉTODO DEA

Luciana Guadalupe Ferronato

Emilio Merino Dominguez

Fernando Dutra Michel

Empresa Pública de Transporte e Circulação – EPTC

Porto Alegre, RS

RESUMO

O objetivo do presente estudo é a estruturação e discussão de modelos para avaliação do desempenho de linhas de transporte coletivo urbano por ônibus. Foi adotado o modelo DEA (*Data Envelopment Analysis*), um método empírico que permite estabelecer uma fronteira de eficiência a partir da comparação do desempenho de diversos sistemas similares de produção.

Distinguindo eficiência - que relaciona o serviço produzido com os insumos empregados - de eficácia - que relaciona o serviço consumido com o serviço produzido, chega-se a uma relação de eficácia geral que relaciona o serviço consumido com os insumos empregados em sua produção. Os modelos desenvolvidos foram aplicados a uma base de dados de linhas de transporte coletivo por ônibus urbano de Porto Alegre, RS, o que permitiu a avaliação da adequação dos modelos e de critérios de segmentação da base de dados, visando a efetiva comparabilidade das linhas.

ABSTRACT

The purpose of this study is to structure and discuss performance assessment models for urban bus transit routes. The model adopted, DEA (*Data Envelopment Analysis*), is an empirical method that allows to establish an efficiency frontier from the comparison of several similar production systems's performance.

Distinguishing efficiency - which relates the service produced to production factors - from effectiveness - that relates the service consumed to the service produced, it is a ratio of overall effectiveness that relates the service consumed to the inputs used in their production. The models developed were applied to a database of urban bus transit routes from Porto Alegre, RS, which allowed the assessment of the adequacy of the proposed models and criteria for database segmentation, aiming the effective comparability of routes.

Palavras-Chave: DEA, Eficiência, Transporte Coletivo

1 INTRODUÇÃO

O transporte coletivo, ao transportar mais pessoas consumindo menos recursos e causando menos danos ao ambiente, é, por si só, mais eficiente do que o transporte individual. Entretanto, considerando a necessidade premente de estabelecer formas mais sustentáveis de produção, esta posição de relativa eficiência não pode ser considerada satisfatória. Ser mais eficiente do que outro modo não significa que o transporte coletivo seja absolutamente eficiente e a busca de melhorias é necessária. Aumentar a eficiência na produção do serviço de transporte coletivo vem a ser, assim, um objetivo de toda a sociedade, além dos atores diretamente afetados: usuários e operadores.

Empregando programação linear, o método DEA (Análise Envoltória de Dados, do inglês *Data Envelopment Analysis*) maximiza a relação produtos/insumos de cada unidade de uma série de sistemas produtivos comparáveis (Charnes *et al.*, 1978). A avaliação comparativa permite estabelecer uma fronteira de eficiência, que envolve as unidades não eficientes e indica metas a serem perseguidas por estas.

O objetivo do presente estudo é a estruturação e discussão de modelos para avaliação do desempenho de linhas de transporte coletivo urbano por ônibus. A avaliação de um sistema, ou rede, de transporte coletivo através da análise das linhas que o compõem deve

compreender, entre outros parâmetros, indicadores de economia e produtividade (TCRP). O escopo deste estudo limita-se a tais parâmetros, sem prejuízo para a relevância de quaisquer outros.

Adotando a estrutura de desempenho do transporte coletivo de Fielding (1987), três modelos complementares foram estruturados: (i) Eficiência, que relaciona o serviço produzido com os insumos empregados; (ii) Eficácia, que relaciona o serviço consumido com o serviço produzido; e (iii) Eficácia geral, que relaciona o serviço consumido com os insumos empregados em sua produção.

O método adotado permite identificar fontes de ineficiência e, a partir disso, buscar melhorias. Entretanto, a seleção de variáveis e o agrupamento de uma série de unidades de produção adequadamente comparáveis são essenciais para a confiabilidade dos resultados. Em um primeiro momento pretende-se avaliar a adequação dos modelos propostos ao caso em estudo e os efeitos da segmentação de uma base de dados segundo critérios propostos em etapa anterior do trabalho (Ferronato *et al.*, 2009). Os resultados deverão contribuir, futuramente, para fundamentar critérios de análise de alterações parciais em uma rede.

Os modelos desenvolvidos foram aplicados a uma base de dados de linhas de transporte coletivo por ônibus urbano de Porto Alegre, RS. O município é capital do Estado do Rio Grande do Sul, com uma área urbana de 496.827 km² e aproximadamente 1.430.220 habitantes (Porto Alegre, 2009). O sistema compreende 364 linhas, das quais 330 foram incluídas nesta avaliação, operadas por uma empresa pública e três consórcios de empresas. Cada consórcio atende uma região da cidade e a empresa pública opera principalmente linhas transversais entre estas regiões e linhas circulares que servem o centro da cidade e adjacências. Cerca de 1,1 milhão de passageiros utilizam o sistema diariamente, que tem uma tarifa básica de R\$ 2,30 com desconto de 50% na primeira integração. A frota operante é, atualmente, da ordem de 1576 veículos, os quais rodam aproximadamente 9,2 milhões de km/mês.

A metodologia do estudo é descrita na seção 2, incluindo uma breve explanação sobre o método DEA, os modelos construídos e a base de dados. A seção 3 apresenta a análise dos resultados e a seção 4 traz considerações finais quanto a conclusões e recomendações para seqüência do trabalho.

2 METODOLOGIA

Segundo Fielding (1987), os conceitos de eficiência e eficácia não devem ser confundidos na avaliação do desempenho de um sistema tal como o de transporte coletivo. Para ele, eficiência é a relação entre o serviço de transporte produzido e os insumos empregados para tanto. Trata-se do transporte ofertado, não importando se é ou não consumido. A relação entre o serviço consumido e o ofertado é denominada eficácia (*effectiveness*). Uma terceira análise relaciona diretamente o serviço consumido e os insumos empregados na produção, a qual será denominada eficácia geral. A Figura 1 ilustra a estrutura proposta por Fielding para avaliação do desempenho de transporte coletivo.



Figura 1: Estrutura de desempenho do transporte coletivo (adaptado de Fielding, 1987)

A relação entre produtos e insumos é a base do método DEA, a seguir descrito.

2.1 O Método DEA

DEA é um método empírico para avaliação de desempenho desenvolvido a partir de uma definição teórica de eficiência relativa: um sistema produtivo que transforma múltiplos insumos em múltiplos produtos é eficiente se o desempenho de outros sistemas não demonstra que algum de seus insumos ou produtos pode ser melhorado, sem piorar nenhum outro insumo ou produto. O método permite estabelecer uma fronteira de eficiência a partir da comparação do desempenho de diversos sistemas similares de produção, através de programação linear. Basicamente, o modelo propõe maximizar a razão produtos/insumos de cada sistema em relação à mesma razão em cada um dos sistemas comparáveis.

Uma série de aplicações da metodologia DEA em transportes encontra-se na literatura. Destaca-se, entre elas, a de Azambuja (2002), que analisa a eficiência do transporte coletivo de municípios brasileiros através do método DEA. O modelo compreende três insumos (frota, número de funcionários e número de linhas) e dois produtos (km rodados em serviço e passageiros transportados). Estudos comparativos de eficiência na área de transportes públicos geralmente apresentam uma abordagem em que as unidades comparadas são sistemas mais complexos do que linhas de ônibus, tais como empresas (Possamai, 2007), estacionamentos (Barnum *et al.*, 2007) e sistemas de transporte urbano, inclusive multimodais (Barnum *et al.*, 2009). Entretanto, duas aplicações do método DEA à comparação de linhas podem ser citadas: o estudo de Sheth (2003) propõe um modelo para avaliação do desempenho das linhas que compõem uma rede, utilizando DEA e Programação por Objetivos; e um projeto da Chicago Transit Authority (Tandom *et al.*, 2006), com objetivos e estrutura semelhantes à proposta aqui relatada, cujos resultados ainda não foram publicados.

2.1.1 Modelos Propostos

Ferronato *et al.* (2009) relatam os resultados obtidos em uma fase preliminar do presente estudo. Os modelos aplicados naquele estudo e a base de dados são os mesmos utilizados neste trabalho.

Com base na estrutura de Fielding (1987), três modelos complementares foram estruturados:

- (i) Eficiência, relaciona o serviço produzido com os insumos empregados, onde os insumos são consumo de combustível em serviço (*Cons_Serv*), extensão da linha (*Ext*), veículos.horas em serviço (*Horas_Serv*) e frota operante no pico (*Frota_Pico*). Os produtos são rodagem em serviço (*Rod_Serv*), lugares.km (*Lugar.km*) e número de viagens (*Viagens*);
- (ii) Eficácia, relaciona o serviço consumido com o serviço produzido, onde os insumos são rodagem em serviço (*Rod_Serv*), rodagem morta (*Rod_Morta*), lugares.km (*Lugar.km*) e número de viagens (*Viagens*). Os produtos são passageiros transportados (*Pass_Transp*), passageiros de integração (*Pass_Int*) e passageiros equivalentes (*Pass_Equiv*), que é o total arrecadado, dividido pela tarifa básica; e
- (iii) Eficácia Geral, relaciona o serviço consumido com os insumos empregados em sua produção, onde os insumos são consumo de combustível em serviço (*Cons_Serv*), extensão da linha (*Ext*), veículos.horas em serviço (*Horas_Serv*) e frota operante no pico (*Frota_Pico*). Os produtos são passageiros transportados (*Pass_Transp*), passageiros de integração (*Pass_Int*) e passageiros equivalentes (*Pass_Equiv*).

Os três modelos são orientados à minimização de insumos, com ganhos variáveis de escala, obedecendo a formulação apresentada por Zhu (2003), conforme equação (1).

$$\begin{aligned}
 &\theta^* = \min \theta \\
 &s.a : \\
 &\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta x_{io} , \quad i = 1, \dots, m \\
 &\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} = y_{ro} , \quad r = 1, \dots, s \\
 &\lambda_j \geq 0 , \quad j = 1, \dots, n \\
 &\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1
 \end{aligned} \tag{1}$$

x_{io} e y_{ro} são, respectivamente, o i-ésimo produto e o r-ésimo insumo da unidade em avaliação e λ_j é o peso atribuído ao j-ésimo insumo ou produto. Se $\theta^* = 1$, os níveis atuais de insumos não podem ser reduzidos proporcionalmente. Isso indica que a unidade em avaliação é eficiente.

A variação dos pesos das variáveis obedece a uma restrição imposta de modo a evitar que a importância de qualquer delas fosse significativamente minimizada ou mesmo desconsiderada na análise. Assim, o peso de uma variável não pode ser menor do que metade do peso de qualquer outra variável. A restrição é válida para os pesos atribuídos às variáveis de uma linha, sendo que os pesos da mesma variável, em linhas diferentes, podem variar sem restrições.

2.1.2 Base de dados

Das 364 linhas que compõem a rede, 330 foram incluídas no estudo. Somente linhas alimentadoras foram retiradas, devido à indisponibilidade de informações essenciais a seu respeito. No estudo anterior (Ferronato *et al*, 2009), a análise foi realizada com um único grupo de 330 linhas, sem nenhuma segmentação, assumindo que todas as linhas operassem sob as mesmas condições, sendo, portanto, comparáveis seus desempenhos. Na análise aqui relatada, três fatores de diferenciação das condições de operação foram considerados: (i) as características operacionais da linha, ou seja, direta ou paradora, troncal, alimentadora, etc.; (ii) o período de operação, se dia inteiro, somente picos ou somente entre-picos; e (iii) a extensão da linha, que tem relação direta com o número de passageiros por km. Os dados analisados referem-se à operação das linhas no mês de março de 2009.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos com a aplicação dos três modelos – eficiência, eficácia e eficácia geral – são apresentados a seguir. Um grupo de cada segmento é destacado como exemplo, tendo em vista o espaço limitado para o relato.

3.1 Agrupamento por características operacionais

A segmentação por características operacionais distinguiu um grupo formado por linhas diretas e rápidas (linhas com reduzido número de paradas) e outro formado por linhas paradoras. A Tabela 1 apresenta os resultados do grupo ‘Diretas’ segundo os três modelos. Os resultados do estudo anterior (grupo 330 linhas) são apresentados ao lado dos atuais, para comparação. Note-se que a denominação das linhas não se refere a seu código de cadastro, servindo meramente como diferenciação para efeitos de discussão no presente texto.

Na análise do grupo com 330 linhas, o máximo de eficácia alcançado pelas ‘Diretas’ era 70% e 85% em eficácia geral. O desempenho das linhas nesses dois modelos melhora significativamente quando a série de referência é somente de linhas diretas. A eficácia e a eficácia geral sofrem influência das variáveis relativas a passageiros transportados. Assim, espera-se que linhas diretas apresentem um desempenho mais pobre do que linhas paradoras em razão da baixa renovação ao longo do trajeto. A observação vale para os modelos aqui descritos, em que não se avalia o produto *passageiros.km*. Caso o modelo incluísse essa variável, a comparação de linhas diretas com linhas paradoras poderia ser considerada equitativa.

Já no que se refere à eficiência, a melhoria não é tão notável. Os insumos e produtos do primeiro modelo não sofrem influência negativa dessas características operacionais. Ao contrário, linhas diretas beneficiam-se de uma pequena vantagem no que se refere à frota mínima, uma vez que operam com maior velocidade comercial do que linhas paradoras e têm, assim, menor tempo de viagem para uma dada extensão, com relação às paradoras. Os resultados indicam, portanto, que a análise da eficiência não deve, necessariamente, segregar linhas diretas e paradoras.

Tabela 1: Resultados do grupo Diretas, comparados com os do grupo 330

Linha	Eficiência 330	Eficácia 330	Eficácia Geral 330	Eficiência Diretas	Eficácia Diretas	Eficácia Geral Diretas
D1	85%	47%	61%	100%	100%	100%
D2	76%	28%	34%	89%	91%	82%
D3	85%	26%	36%	89%	38%	43%
D4	97%	36%	59%	100%	53%	74%
D5	78%	31%	42%	94%	48%	58%
D6	95%	58%	86%	99%	85%	100%
D7	96%	50%	73%	100%	79%	94%
D8	86%	32%	46%	90%	49%	61%
D9	86%	34%	48%	90%	52%	65%
D10	94%	32%	51%	99%	49%	65%
D11	94%	55%	83%	99%	80%	99%
D12	97%	26%	43%	100%	39%	57%
D13	81%	37%	50%	85%	55%	60%
D14	80%	45%	59%	84%	66%	75%
D15	88%	24%	34%	92%	39%	44%
D16	80%	70%	85%	84%	100%	100%
D17	91%	50%	71%	96%	76%	98%
D18	91%	51%	72%	95%	77%	100%
D19	78%	42%	54%	89%	64%	76%
D20	77%	25%	31%	82%	44%	43%
D21	79%	34%	46%	98%	52%	65%
D22	89%	36%	48%	100%	56%	68%
D23	77%	48%	63%	98%	73%	88%
D24	70%	64%	72%	88%	100%	100%
D25	71%	51%	60%	88%	78%	86%
D26	63%	68%	71%	79%	100%	100%

A Tabela 2 traz a classificação das linhas ‘Diretas’ segundo a eficiência, com indicação da posição da linha em um ranking de consumo de combustível. Entre as linhas menos eficientes do grupo, digamos que com escore inferior a 90%, encontram-se as oportunidades para melhorar a eficiência geral do sistema. Uma possível abordagem para identificá-las é através do ranking de consumo. O pressuposto é de que as linhas menos eficientes e que consomem mais combustível, ao melhorar sua eficiência, podem contribuir significativamente para a eficiência geral do sistema. No total, o grupo tem 26 linhas. Seleccionadas as que se posicionam até a 13ª posição do ranking, entre as que apresentam eficiência menor do que 90% (destacadas na Tabela 2), tem-se uma série de unidades para avaliar quanto aos fatores que afetam a eficiência.

Tabela 2: Oportunidades de melhoria da eficiência do sistema

Linha	Eficiência Diretas	Eficácia Diretas	Eficácia Geral Diretas	Cons_Serv
D22	100%	56%	68%	1
D12	100%	39%	57%	9
D4	100%	53%	74%	15
D7	100%	79%	94%	24
D1	100%	100%	100%	26
D6	99%	85%	100%	22
D10	99%	49%	65%	13
D11	99%	80%	99%	20
D21	98%	52%	65%	6
D23	98%	73%	88%	4
D17	96%	76%	98%	12
D18	95%	77%	100%	14
D5	94%	48%	58%	7
D15	92%	39%	44%	21
D9	90%	52%	65%	10
D8	90%	49%	61%	11
D19	89%	64%	76%	8
D2	89%	91%	82%	25
D3	89%	38%	43%	17
D24	88%	100%	100%	2
D25	88%	78%	86%	5
D13	85%	55%	60%	18
D16	84%	100%	100%	19
D14	84%	66%	75%	16
D20	82%	44%	43%	23
D26	79%	100%	100%	3

O método DEA oferece, entre seus resultados, indicações que podem auxiliar na busca de melhorias: os *benchmarks*, ou seja, as unidades que servem como referência para a unidade ineficiente; e as folgas existentes na produção, tendo em vista os insumos empregados. A Tabela 3 mostra uma linha ineficiente, a linha D24, indicando duas linhas que lhe podem indicar uma meta a perseguir (as linhas D22 e D12). A avaliação da linha D24 justifica-se, pois, enquanto a linha D22 roda 91.000 km em serviço com uma frota de 17 veículos, a primeira faz cerca de 70.000 km com 16 veículos. Ou seja, com esta frota, poderiam ser produzidos mais quilômetros e mais lugares.km, o que está sendo demonstrado pela linha D22, a qual tem, inclusive, uma extensão maior.

Tabela 3: Benchmarks e folgas de uma linha ineficiente

Linha	DMU	Cons_Serv {I}	Ext {I}	Horas_Serv {I}	Frota_Pico {I}	Rod_Serv {O}	Lugar.km {O}	Viagens {O}	Score	Benchmark
D24	3	37.706	31	3.616	16	69.885	6.204.297	2.378	88%	10 (0,576)
D22	10	49.165	53	3.316	17	91.092	8.679.750	1.731	100%	7
D12	23	12.890	84	770	3	32.378	2.862.225	396	100%	20

Outro ponto a destacar, visível na Tabela 2, é que duas dessas linhas diretas menos eficientes apresentam, por outro lado, eficácia geral de 100%. Isso é como dizer que nenhuma das outras linhas demonstra, com os dados analisados, ser possível atender mais passageiros com os

recursos utilizados. Entretanto, se a eficiência de uma dessas linhas for melhorada, através da redução de um insumo, por exemplo, o novo padrão pode se refletir na eficácia geral. Esta não subirá além de 100%, mas 100% significará uma relação produtos/insumos diferente da atual. Isso pode modificar os escores de todas ou de algumas unidades comparadas.

3.2 Agrupamento por período de operação

O Grupo de linhas paradoras (206 linhas) foi segmentado segundo o período de operação em três sub-grupos: (i) Paradora Geral, formado por linhas que operam todos os dias, em períodos de pico e entre-picos; (ii) EP/FS, formado por linhas que operam somente nos entre-picos ou em fins-de-semana; e (iii) DU, ou Dias Úteis, formado por linhas que operam somente em dias úteis.

Resultados da aplicação dos modelos ao sub-grupo “Paradora Geral” são apresentados na Tabela 4, referindo-se ao segmento “Paradora Geral Longa”.

3.3 Agrupamento por extensão

Linhas de transporte coletivo que atendem origens distantes dos centros de atividade econômica podem tornar-se ineficazes em razão de um mau planejamento urbano. A falta de opções próximas obriga o usuário a viajar uma grande extensão para alcançar suas atividades e as linhas longas, com baixa renovação de passageiros, apresentam produtividade muito baixa se comparadas com linhas curtas. Pode-se avaliar essas linhas em conjunto com as outras quando se considera a possibilidade de atuar sobre causas de ineficiência ou de ineficácia ligadas ao planejamento urbano. Quando não, é possível agrupá-las, comparando-as entre si em busca de outras causas.

O grupo de linhas “Paradora Geral” foi segmentado por extensão, obedecendo ao critério utilizado pela EPTC (Empresa Pública de Transporte e Circulação), que distingue as linhas em curtas (até 22 km), médias (de 22 a 39 km) e longas (mais de 39 km).

A Tabela 4 apresenta os resultados do sub-grupo “Paradora Geral Longa” para os três modelos. Os resultados do estudo anterior (grupo 330 linhas) são apresentados ao lado dos atuais, para comparação. A exemplo das linhas diretas, os escores de eficiência também aqui não se alteram significativamente, de onde se pode concluir que não há necessidade de segmentar a base de dados por extensão para análise da eficiência. Já quanto à eficácia, sim, as diferenças são significativas: uma linha com escore de 100% nos três modelos apresentava, com relação às 330 linhas, eficácia de 35% e eficácia geral de 52%. A linha em questão, PGL21, é a que apresenta a maior diferença. Entretanto, nenhuma delas fica abaixo de 23%. No modelo de eficácia geral, as diferenças vão de 14 a 48%. Essa disparidade indica que a segmentação por extensão proporciona uma série de referência mais adequada que a anterior.

Tabela 4: Resultados do grupo Paradora Geral Longa, comparados com os do grupo 330

Linha	Eficiência 330	Eficácia 330	Eficácia Geral 330	Eficiência Paradora Geral Longa	Eficácia Paradora Geral Longa	Eficácia Geral Paradora Geral Longa
PGL1	93%	37%	58%	93%	67%	81%
PGL2	84%	35%	48%	86%	70%	75%
PGL3	100%	33%	56%	100%	60%	78%
PGL4	76%	26%	34%	76%	49%	48%
PGL5	88%	37%	47%	88%	67%	64%
PGL6	99%	59%	68%	99%	90%	90%
PGL7	93%	41%	64%	93%	75%	89%
PGL8	96%	38%	60%	96%	69%	82%
PGL9	93%	37%	58%	93%	69%	81%
PGL10	93%	37%	55%	94%	68%	79%
PGL11	97%	26%	43%	99%	50%	63%
PGL12	89%	34%	52%	89%	62%	71%
PGL13	91%	31%	47%	92%	57%	66%
PGL14	88%	36%	53%	88%	65%	73%
PGL15	94%	34%	52%	95%	64%	76%
PGL16	83%	34%	46%	83%	62%	65%
PGL17	92%	35%	54%	92%	64%	75%
PGL18	89%	40%	59%	89%	72%	82%
PGL19	81%	37%	50%	81%	69%	71%
PGL20	97%	38%	61%	99%	74%	93%
PGL21	94%	35%	52%	100%	100%	100%
PGL22	87%	48%	67%	88%	88%	96%
PGL23	88%	48%	67%	91%	94%	100%
PGL24	81%	37%	49%	83%	71%	72%
PGL25	96%	37%	58%	97%	70%	83%
PGL26	89%	39%	56%	90%	72%	80%
PGL27	93%	38%	60%	93%	69%	83%
PGL28	92%	43%	67%	93%	78%	93%
PGL29	93%	70%	74%	93%	100%	95%
PGL30	76%	43%	52%	76%	78%	71%
PGL31	74%	50%	60%	78%	100%	96%
PGL32	100%	76%	82%	100%	100%	100%
PGL33	77%	53%	68%	77%	96%	95%

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os modelos DEA propostos para avaliação comparativa de desempenho proporcionam, com as variáveis disponíveis, uma visão distinta de eficiência produtiva e de eficácia na prestação do serviço de transporte coletivo. Os resultados da aplicação dos modelos propostos permitem concluir, sem sombra de dúvidas, que a os conceitos, e as medidas, de eficiência e de eficácia não são incompatíveis. O bom aproveitamento de recursos na produção da oferta e a boa utilização desta pelos passageiros podem ser encontrados em uma mesma linha, embora essa não seja a regra.

A segmentação de um sistema de linhas de transporte coletivo por ônibus, para efeitos de comparação de seu desempenho, mostra-se adequada, dependendo do objetivo da análise. Se uma variável puder ser considerada como 'controlável', não há razão para segmentar a amostra desse ponto de vista. Por outro lado, fatores não controláveis são apropriados para segmentação e pode dar-se o caso de um mesmo fator ser considerado dos dois pontos de vista.

Eficiência, medida através do modelo proposto, é uma meta relativamente fácil de imitar. Depende basicamente da alocação de recursos, físicos e humanos, não sendo esperados efeitos diretos de variáveis exógenas. Um possível fator de ineficiência, que não é medido pelo modelo, a velocidade comercial do corredor, pode aumentar a frota mínima necessária, gerando ineficiência.

Já a eficácia, sim, é mais vulnerável a fatores externos, tais como o uso e ocupação do solo. Linhas longas são, muitas vezes, ineficazes, produzindo uma relação pass/km insatisfatória mas inevitável, uma vez que atendem origens distantes de empregos e outras atividades econômicas, através de vazios urbanos. Assim, os modelos de eficácia e de eficácia geral são destinados mais ao esclarecimento dos órgãos de planejamento do que aos operadores.

Os modelos desenvolvidos nessa etapa do trabalho merecem, ainda, esforços no sentido de aprofundar a discussão dos pesos das variáveis que os compõem, o que acrescentará confiabilidade aos resultados. Além disso, pretende-se comparar o desempenho de linhas em períodos diferentes, principalmente aquelas sofreram ajustes ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azambuja, A. M. V. (2002). **Análise de Eficiência na Gestão do Transporte Urbano por Ônibus em Municípios Brasileiros**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- Barnum, D. T.; S. McNeil. e J. Hart (2007). Comparing the Efficiency of Public Transportation Subunits Using Data Envelopment Analysis, in **Journal of Public transportation**, v. 10, n. 2.
- Barnum, D. T.; M. G. Karlaftis e S. Tandom (2009) **Improving the Efficiency of Metropolitan Area Transit by Joint DEA of Its Multiple Providers**. Chicago Transit Authority, Chicago, IL, EUA.
- Benn, H. P. (1995) **Bus Route Evaluation Standards**. Transit Cooperative Research Program, Federal Transit Administration, Transportation Research Board, National Academy Press, Washington, DC, EUA.
- Charnes, A.; W. W. Cooper e E. Rhodes (1978). **Measuring the Efficiency of Decision Making Units**, European Journal of Operational Research, v. 2, 429-444.
- Ferronato, L. G.; E. Merino e F. D. Michel (2009). Identificação de Fontes de Ineficiência em uma Rede de Transporte Coletivo Utilizando Análise Envolvória de Dados. Aceito para publicação nos anais do **17º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito**, a realizar-se de 28/09 a 02/10/2009, em Curitiba, PR.
- Fielding, G. J. (1987), **Managing Public Transit Strategically**, Jossey-Bass Inc., San Francisco (1987).
- Porto Alegre (2009), **ObservaPoa**, Observatório da Cidade de Porto Alegre, <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/observatorio/>.
- Possamai, R. P. ; L. A. S. Senna e E. Merino (2007) Avaliação de Eficiência em Concessionárias de Rodovias utilizando Análise Envolvória de Dados. In: XXI ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2007. **Panorama Nacional de Pesquisa em Transportes**, Rio de Janeiro, 2007. v. 1. p. 1-12.
- Scheel, H. (2000) **EMS: Efficiency Measurement System User's Manual**, Versão 1.3. Technische Universität Dortmund, Dortmund, Alemanha. Disponível na internet, no endereço: http://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/5/5728/Manual_programa_EMS_modelos_DEA.pdf. último acesso em 29/06/2009.

- Sheth, C. H. (2003). **The Measurement and Evaluation of Performance of Urban Transit Systems: The Case of Bus Routes**. Dissertação de mestrado, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, Set/2003.
- Tandom, S.; S. McNeil; D. Barnum e M. Patzloff (2006) **Performance Measurement Of Bus Routes Using Data Envelopment Analysis**. Apresentação disponível na internet, no endereço: [http://cta21.utc.uic.edu/Presentations/May2006 /Sonali_CTA_files/v3 document.htm](http://cta21.utc.uic.edu/Presentations/May2006/Sonali_CTA_files/v3%20document.htm). Último acesso em 20/06/2009.
- Zhu, J. (2003). **Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking**. Springer, New York.

Luciana Guadalupe Ferronato – lucianag@epc.prefpoa.com.br

Emilio Merino Dominguez – emerino@epc.prefpoa.com.br

Fernando Dutra Michel – Michel@epc.prefpoa.com.br