

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE REDES METROPOLITANAS INTEGRADAS DE TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS SOB OS ASPECTOS DA EFICIÊNCIA

Eliane Vitória Corrêa Cavadinha
Oswaldo Cavalcanti da Costa Lima Neto

Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Engenharia Civil

RESUMO

Este trabalho trata da questão da avaliação de desempenho de redes metropolitanas integradas de transporte público por ônibus, a partir de medidas que enfocam o aspecto da eficiência sob os pontos de vista dos atores, os usuários, o operador, o Governo e a sociedade, e aplicar essas concepções em uma realidade concreta, o SEI/RMR. O estudo empírico foi realizado na área de influência do Terminal Integrado da PE-15/SEI/RMR, utilizando a técnica “antes e depois” para análise da rede desta parte do sistema, antes e depois da implantação do SEI, ou seja, a rede convencional e a rede Integrada, respectivamente. A metodologia que utilizou como plataforma o trabalho de Tomazinis (1975) mostrou resultados que apontam para uma avaliação geral positiva quanto à melhoria de eficiência para redes integradas, como também para a importância de aprofundar os estudos sobre este tipo de rede, contribuindo para o entendimento da mobilidade urbana nas grandes cidades.

ABSTRACT

This work deals with the evaluation of the performance of integrated metropolitan transit bus network, focusing on the efficiency of the network, from the point of view of users, operators, government and the society. The empirical case refers to the area of influence of the Integrated Terminal, named PE-15, which is part of the Structural Integrated System (SEI) in operation in the Recife Metropolitan Region (RMR). The methodology took as a base the work of Tomazinis (1975) and the technique “before and after” was used to analyze the case study. The evaluation shows positive results concerning the improvements in the efficiency as to the integrated transit network. Nevertheless more research on the subject have to be done in order to better understand the contribution of integrated transit networks for the urban mobility in the metropolis.

1. INTRODUÇÃO

A cidade que se transporta (ou se movimenta) é aquela onde ocorre um ajuste perfeito entre a distribuição espacial das atividades existentes e o funcionamento dos sistemas de transportes Cervero (1998). O autor acrescenta ainda, que os sistemas de transportes devem ser considerados, em uma perspectiva metropolitana, onde a integração entre vários modos seja realmente efetiva. O autor também salienta a importância das redes integradas de transporte público, concebidas como um instrumento de desenvolvimento urbano, exemplificando algumas cidades que souberam resolver de forma positiva a relação entre transporte e uso do solo, tais como, entre outras, Estocolmo, Copenhagem, Singapura, Tóquio, Adelaide, Munique, Curitiba.

No Brasil diversos estudos apontam como solução para resolver o problema de mobilidade urbana, bastante comprometida pelos crescentes níveis de congestionamentos, a implantação de redes integradas de transporte público que possam fornecer um nível de qualidade tal ao usuário, que motive os usuários do transporte individual a optarem pelo transporte público, ao menos nas horas de pico. Contudo, a implantação destas redes integradas de transporte público enfrenta resistência por parte de alguns atores, principalmente o operador.

Neste trabalho, será tratada a questão da avaliação de desempenho de rede metropolitana integrada de transporte público sob o aspecto da eficiência. Far-se-á através da discussão conceitual desta questão, do desenho de uma metodologia apropriada à aplicação da abordagem conceitual escolhida e da aplicação a uma realidade concreta, o Sistema Estrutural Integrado da Região Metropolitana do Recife.

2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NO SETOR TRANSPORTE URBANO

Tomazinis (1975) procura tratar esta questão incluindo em sua abordagem a análise de quatro características importantes: i) a inclusão de vários pontos de vista dos atores envolvidos, o usuário, o operador, o Governo, e a sociedade; ii) a dissecação do sistema de transporte em

componentes distintos, a rede, o serviço primário, e a função de suporte (apoio para funcionamento do sistema); iii) a escala variável e a natureza de cada elemento estudado; e iv) a necessidade de um tratamento especial dos diferentes modos dentro de um sistema de transporte urbano.

A primeira característica trata das relações entre os vários atores que agem em um sistema de transporte urbano e entre os vários pontos de vista. O operador recebe contribuições dos usuários em forma de receita, do Governo pode receber como input, doações, subsídios, restrições e padrões, e da sociedade recebe os recursos, terra, materiais, trabalho e energia. Em contra partida, o operador fornece capital e trabalho e, através dos modos de transporte, oferta serviços aos usuários. Os usuários, por sua vez, pagam ao operador uma tarifa e despendem na utilização do serviço (tempo e esforço). A sociedade fornece ao operador e aos usuários os recursos necessários à operação do sistema, como já salientado, e está sujeita aos impactos deste sistema, no âmbito econômico, social e ambiental. O Governo recebe do sistema de transporte (operador e usuário) os impostos, as taxas, e a contribuição dos impactos políticos, e finalmente o prestígio proporcionado pela operação do sistema.

A segunda característica trata dos componentes do sistema. Tomazinis (1975) percebe o objeto sistema de transporte público de uma forma ampla sendo composto de uma rede (formada por ligações, nós, paradas e terminais), do serviço de transporte executado sobre a rede, as paradas e os terminais, e função de suporte (são todas as instalações ou ações necessárias à produção do serviço de transporte, sejam gerenciais, regulatórias, computacionais, de manutenção, treinamento, etc.) e as interações entre estes elementos.

A terceira característica que esta abordagem utiliza refere-se a duas questões inter-relacionadas: a escala da análise e a natureza específica do estudo a ser realizado. A escala da análise implica sobre os métodos e técnicas mais adequados a utilizar e a natureza do estudo deve contemplar cada componente do sistema e não deve esquecer nunca de manter os três níveis de análise propostos pelo autor: a produtividade, a eficiência e a qualidade. Esta visão pode ser expressa pela matriz de associação que inter-relaciona os conceitos de análise com os componentes do sistema, segundo a **Figura 1**.

COMPONENTES DO SISTEMA					
CONCEITO ANALÍTICO		REDE	SERVIÇOS PRIMÁRIOS	FUNÇÕES DE SUPORTE	SISTEMA TOTAL
	PRODUTIVIDADE				
	EFICIÊNCIA				
	QUALIDADE				

Figura 1 – Matriz de Análise (Fonte: Tomazinis, 1975, cap.2, p.16).

E por fim, Tomazinis (1975) salienta, ainda, que este tipo de abordagem proposta deve ter a habilidade para colocar em foco qualquer dos subsistemas que compreende o sistema total de transporte urbano de uma região e dessa forma ser capaz de avaliar separadamente cada um dos subsistemas componentes deste sistema maior. A mais importante dessas divisões é entre o sistema de transporte público e o privado.

2.1. Conceitos de eficiência aplicados à avaliação do desempenho

Análise de eficiência no passado, normalmente, tratava da alocação ótima de recursos ou de uma simples compreensão de custos unitários de cada unidade de quantidade física produzida

ou de serviço disponibilizado ao consumo. Por isso, Tomazinis (1975) em sua obra, já citada anteriormente, reforça a importância da identificação de um conjunto de objetivos específicos do sistema e das medidas de eficiência com que cada um desses objetivos é alcançado (este tipo de análise de eficiência pode ser entendido também como uma análise de eficácia).

Entende-se eficiência como uma medida da utilização dos insumos para a produção de um bem ou serviço (Tomazinis 1975). Sendo assim, ela é conseguida maximizando as unidades de “output” produzidas para o mínimo possível de “inputs” utilizados. No caso do transporte público os “inputs” incluem fatores como mão-de-obra, veículos, instalações e equipamentos, energia, recursos financeiros e “know-how” gerencial, cuja eficiência deveria ser analisada, segundo Tomazinis (1975), no âmbito de cada componente do sistema: a rede, o serviço de transporte e a função de suporte.

A Eficácia pode ser entendida como o grau de alcance das metas e objetivos de um sistema (Tomazinis, 1975). Rossiter (1998), na abordagem transportes públicos, salienta que “a eficácia não está apenas relacionada à qualidade do serviço, traduzida em termos de conveniência, acessibilidade, grau de utilização do serviço, entre outros atributos, mas também em relação às metas e objetivos da comunidade. Alguns autores ainda sugerem que o conceito de eficácia deve ser mais amplo, considerando as metas relativas a outros setores que não sejam o de transportes”.

Numa avaliação do desempenho de uma atividade produtiva, o binômio a eficiência/a eficácia representa as duas faces básicas. “A eficiência diz respeito à economicidade dos recursos empregados para obtenção dos resultados (representada pela relação output / input), e a eficácia diz respeito ao grau de obtenção dos fins últimos da atividade (satisfação de necessidades ou solução dos problemas apresentados) (Fielding, 1992; Lima e Scatena, 1994, *apud* Aragão, 1996)”.

2.3. Medidas utilizadas na avaliação do desempenho de redes

Para análise de eficiência, Tomazinis (1975) parte de indicadores parciais de desempenho definidos por componente, considerando os pontos de vista dos atores envolvidos, o usuário, o operador, o Governo e a sociedade, de forma individual ou agrupada, dependendo do seu grau de relacionamento e interesse. Em uma visão mais detalhada, sua análise de eficiência proposta está desagregada em 4 grupos: i) associados a rede do sistema; ii) associados ao atendimento do transporte primário (serviço de transporte); iii) associados as instalações de apoio e função de suporte do sistema; e iv) associados as relações entre os três componentes essenciais de um sistema de transporte urbano (rede, serviços, e função de suporte).

Tomazinis (1975) sugere que a análise a ser feita por componente atenda a alguns atributos, que orientarão a definição dos indicadores a utilizar. No caso do componente rede, o modelo identifica três atributos de análise: minimização do custo total da viagem; cobertura da área pela rede; e capacidade e flexibilização do serviço. A minimização do custo é verificada através do indicador capacidade oferecida e seus respectivos custos operacionais, que para Tomazinis (1975), são do interesse do operador e usuário. A cobertura da área pela rede é verificada pela densidade de acessos, que é medida pela relação entre número de nós pela área servida. A capacidade e flexibilização do serviço são verificadas pela teoria dos grafos, utilizando os índices de conectividade e de disponibilidade de circuitos da rede. Para Tomazinis (1975), a cobertura da área, a capacidade e a flexibilização do serviço de uma rede estão relacionadas diretamente aos pontos de vista do Governo e da sociedade.

Robinson e Bamford (1978), em sua obra “Aspect Geographies-Geography of Transport”, destaca alguns índices para medir a conectividade de uma rede de transporte proposto por

Kansky (1963), similar a Tomazinis (1975), tais como, o número ciclomático, o índice de disponibilidade de circuitos, entre outros. Esses índices, baseados na teoria dos grafos, são indicados para medir a eficiência de uma rede de transporte no aspecto topológico.

Potrykowski e Taylor (1984) em sua obra “Geografia del Transporte”, também, similar a Tomazinis (1975), apresentam medidas de coesão ou conectividade para avaliar a eficiência sob o aspecto topológico de uma rede de transporte baseadas na teoria dos grafos.

Potrykowski e Taylor (1984) citam alguns índices que são aplicados para avaliação do grau de coesão das diversas estruturas complexas de redes, propostos por diversos autores, tais como, Z. Prihar (1956), Kansky (1963), Zagozdzon (1970, 1971), e Loboda (1973). Como exemplo, destaca-se a seguir, o índice proposto por Z. Prihar (1956), indicado pelos autores, que mede a coesão de uma rede a partir de uma relação entre o maior número possível de conexões (arestas) de uma rede para um número v de vértice e o número de arestas observado, medida esta, importante para projetar redes de diferentes custos.

$$C_{st} = v (v - 1) / 2 \text{ e } ; C_{st} \text{ variando de } 1 \text{ a } v / 2 \quad (1)$$

Onde,

C_{st} = grau de coesão;

v = número de vértices;

e = números de arestas.

Os índices de Kansky (1963) para medir o grau de coesão, citados por Potrykowski e Taylor (1984), é o número ciclomático, também denominado de primeiro número de Betti, e o número ciclomático corrigido, como também, medidas a partir de combinações dos números de vértices e de arestas com os passageiros transportados ou com a extensão da rede.

Analizando os modelos de avaliação abordados nas obras citadas, percebe-se a existência de uma concordância na metodologia científica utilizada para a maioria dos estudos, quanto aos indicadores de desempenho sob os aspectos topológicos, tais como, Tomazinis (1975), Robinson e Bamford (1978), Potrykowski e Taylor (1984) que enfocam medidas baseadas na teoria dos grafos.

3. A METODOLOGIA PROPOSTA

A avaliação do desempenho utiliza uma estrutura denominada de “seccional do sistema”, pois considera para análise, uma parte do sistema, mais especificamente do Sistema de Transporte Público de Passageiros por Ônibus. Essa análise será realizada utilizando a técnica “antes e depois” que compara uma seção ou parte desse Sistema antes e depois da implantação do Sistema Integrado por Ônibus, ou seja, o Sistema de Transporte Convencional por Ônibus e o Sistema de Transporte Integrado por Ônibus, respectivamente. A avaliação do desempenho contará com um conjunto de indicadores que enfocam o aspecto de eficiência sob os pontos de vista dos atores envolvidos com esta parte do sistema. O objeto aqui tratado será um componente do sistema: **a rede** - formada por ligações, nós, paradas e terminais.

3.1. Concepção da metodologia

A construção da metodologia utilizou como plataforma o trabalho de Anthony R. Tomazinis “Productivity, Efficiency, and Quality in Urban Transportation System (1975). Foram utilizados, ainda, os trabalhos de Vulkan R. Vuchic “Urban Public Transportation Systems and Tecnology” (1981), de Angel R. Molinero Molinero e Ignacio Sánchez Arellano “Transporte Público: Planeación, Diseño, Operación y Administración” (1996), de Marek Potrykowski e Zbigniew Taylor “Geografia del Transporte” (1984).

3.2. Os Pontos de vista de análise

A avaliação da eficiência da rede será analisada considerando a combinação dos quatro pontos de vista, ou seja, as medidas de eficiência operacional da rede, relacionadas com os pontos de

vista do Governo e da sociedade, e as medidas de eficiência da produção da viagem em uma rede, relacionadas com os pontos de vista do operador e do usuário do sistema.

3.3. Indicadores de eficiência da rede

A eficiência da rede integrada será avaliada a partir de 7 indicadores selecionados: 4 indicadores representando os pontos de vista do operador e dos usuários; e 3 indicadores representando os pontos de vista do Governo e da sociedade, segundo Tomazinis (1975), Vuchic (1981), e Molinero e Arellano (1996).

3.3.1. Indicadores de eficiência que representam os pontos de vista dos usuários e do operador

$DOLK = CDO / LKM$, onde, *DOLK* é a despesa operacional por lugares x quilômetro, *CDO* é o custo direto operacional, e *LKM* é a quantidade de lugares totais oferecidos x quilômetro (Vuchic, 1981);

$CTV = COT / QVR$, onde, *CTV* é o custo total da viagem, *COT* é o custo operacional total, e *QVR* é a quantidade de viagem realizada (Tomazinis, 1975).

$IS = LKM / VKM$, onde *IS* é a intensidade do serviço, *LKM* é a quantidade de lugares totais oferecidos x quilômetro, e *VKM* a quantidade de veículo x quilômetro (Vuchic, 1981);

$LKMPOH = LKM / POH$, onde, *LKMPOH* é a quantidade de lugares totais oferecidos x quilômetro por pessoal de operação x hora, *LKM* é a quantidade de lugares totais oferecidos x quilômetro, e *POH* é a quantidade de pessoal de operação x hora (Vuchic, 1981).

A despesa operacional por lugares x quilômetro representa a eficiência através do custo operacional direto unitário do serviço oferecido sobre a rede para uma linha de ônibus, para uma parte do sistema, ou para um sistema completo. Quanto menor for este custo direto operacional unitário, mais econômica é a produção do serviço sobre a rede.

O custo total da viagem, que representa o custo unitário de uma viagem realizada sobre a rede, avalia o quanto foi econômico a produção dos serviços sobre a rede. Obviamente, este indicador recebe interferência direta da rede através de seus itinerários, uma vez que, é de acordo com eles que se define a quantidade da frota e das equipes e estruturas necessárias para produzir o serviço adequado. Pode ser calculado para uma linha de ônibus, para uma parte do sistema, ou para um sistema completo. Quanto menor for este custo mais econômica é a produção do serviço sobre a rede, indicando um melhor aproveitamento dos fatores de produção.

A relação que representa a intensidade do serviço reflete o nível de serviço dado sobre a rede. Quanto maior esta quantidade melhor é o nível de serviço da rede, podendo ser analisado por linha de ônibus, por uma parte do sistema, ou considerando o sistema completo.

O segundo indicador, a quantidade de lugares totais oferecidos x quilômetro por pessoal de operação x hora, reflete a eficiência da utilização de mão-de-obra de operação na produção dos serviços sobre a rede de uma linha de ônibus, de uma parte do sistema, ou de um sistema completo. Uma redução neste indicador pode alertar para uma ociosidade na alocação de mão-de-obra de operação.

Outro aspecto é que fatores externos também podem influenciar nos resultados desses indicadores sem significar necessariamente uma queda na eficiência, como mudanças de carga horária e redução da velocidade operacional nas vias urbanas acarretando um aumento nos tempos de viagem.

3.3.2. Indicadores de eficiência que representam os pontos de vista do governo e da sociedade

$\alpha = (e - v + 1) / (2v - 5)$, onde, α é o índice de disponibilidade de circuitos, que pela teoria dos grafos, é medido através da relação entre o número de circuitos atuais ($e - v + 1$) e o número máximo de circuitos ($2v - 5$) (Tomazinis, 1975);

$\gamma = e / (3(v - 2))$, onde, γ é o índice de conectividade, e é o número de arestas ou ligações da rede, e $(3(v - 2))$ o número máximo de ligações da Rede. Para os dois indicadores e é o número de arestas ou ligações da rede e v = números de nós ou vértices da rede (Tomazinis, 1975); e

$ICR = ACS / ARA$, onde, ICR é o índice de cobertura da rede, ACS é a área coberta pelos serviços, e ARA a área da região atendida pelos serviços (Molinerio e Arellano, 1996).

“Alfa”: quantidade de circuitos disponíveis na rede. Esta relação varia de zero a unidade. Quanto maior esta relação, maior é o número de circuitos atuais que um grafo ou rede, ou seja, maior o número de interconexões que esta rede construiu no plano de suas ligações.

“Gama” representa o índice de conectividade de uma rede e, quanto maior o número de ligações, melhor será a interconexão dos nodos do grafo. O índice de conectividade “gama” varia de 1/3 a unidade.

Os dois índices estão obviamente relacionados. Eles medem o nível de interconexão dos nós de uma rede, e os caminhos disponíveis movendo-se nó a nó. Esses índices focalizam em seus conceitos a flexibilidade operacional. A flexibilidade de uma rede é verificada através da habilidade de se promover mudanças em destinos de viagem solicitadas pelo usuário da rede, como também, mudanças decorrentes do carregamento da viagem com o passar do tempo e mudanças requeridas por demanda política ou devido problemas de capacidade no próprio sistema. Da mesma forma, a capacidade de serviço de uma rede aumenta quando o serviço de um nó em particular pode ser relacionado a mais de uma ligação. Assim, quando uma ligação de uma rede falhar, o nível de circuitos dessa rede pode permitir a continuação dos serviços entre os nós a partir de outras ligações e nós. Esses índices podem auxiliar o controle do desempenho de uma rede quanto ao custo e serviço. Então, quanto maior o índice “alfa” ou o “gama”, maior serão a flexibilidade e capacidade do serviço da rede.

O índice de cobertura da rede varia entre zero e a unidade, e representa a extensão de uma rede dentro da área ou modos de transporte, em que se oferta o serviço, assim como, o desempenho individual de cada linha. Quanto maior este índice, melhor os serviços que cobrem a área da região.

De acordo com esse quadro, entende-se que um Órgão de Gerência, que representa o Governo (o Poder Público), e a rede, um dos componentes do sistema de transporte, são elementos principais para uma análise de impactos operacionais de um sistema de transporte, uma vez que, a partir da rede existente e sob sua responsabilidade, são definidos os padrões da produção dos serviços a serem recebidos pelos consumidores diretos (o usuário), e indiretos, a sociedade. Ficando para o operador a responsabilidade da execução dessas determinações, por intermédio das ordens de serviço, de forma adequada, eficiente e com qualidade.

3.5. Critério de mensuração dos indicadores

O critério de mensuração dos indicadores selecionados para avaliar a eficiência da rede após a implantação de Sistema de Transporte Integrado por Ônibus, baseia-se na determinação das variações percentuais entre os valores dos indicadores que representam a Rede Transporte Convencional por Ônibus no período anterior, e os valores dos indicadores da Rede de transporte Integrada por Ônibus na situação atual, tomando-se como referência o a Rede de Transporte Integrada por Ônibus, objeto de estudo.

3.6. Definição das variáveis utilizadas na composição dos indicadores selecionados

Os indicadores anteriormente selecionados são estabelecidos a partir da determinação das seguintes variáveis:

***QVR* - Quantidade de viagem realizada**

É a quantidade de movimentos efetivamente realizados em cada linha de ônibus, considerando o percurso de ida e volta.

***UDP* - Unidade de distância média percorrida**

É a quantidade de quilômetro para fazer um movimento, considerando o percurso de ida e volta de cada linha de ônibus, ou seja, a extensão da linha.

***KM* - Quantidade de quilometragem rodada**

É o somatório do produto da unidade de distância percorrida por cada movimento realizado na linha de ônibus.

***VKM* - Veículo x quilômetro**

É a quilometragem total percorrida pelos veículos para realizarem os movimentos das linhas de ônibus, estando incluída a unidade de distância percorrida entre a garagem e o ponto inicial do movimento, considerada como um “percurso morto ou quilometragem morta”.

***LO* - Lugares oferecidos**

É o somatório da quantidade de lugares totais, sentados e em pé, disponibilizados por cada veículo na realização dos movimentos, ou seja, número de viagens programadas vezes a capacidade total do veículo. Os lugares oferecidos devem ser determinados considerando cada tipo de equipamento alocado nas linhas de ônibus para a realização dos movimentos.

***LKM* - Lugares totais oferecidos x quilômetro**

É o produto dos lugares totais oferecidos, sentado e em pé, pela unidade de distância percorrida em cada movimento das linhas de ônibus.

***PO* - Pessoal de operação**

É o somatório do pessoal diretamente envolvido na operacionalização do serviço de transporte. Neste grupo são considerados os motoristas, cobradores, fiscais e despachantes.

***H* - Jornada de trabalho**

É a jornada de trabalho diária do pessoal envolvido com a produção do serviço, operação, manutenção e administração. Para o pessoal de operação, a jornada permitida pela CLT, para o pessoal de operação é 07:20 h, mais 00:20 min para deslocamento garagem/terminal, e mais 00:20 min para vistoria/prestação de contas, totalizando uma carga horária de 08:00 h, e sendo também permitido o acréscimo de até 02:00h extras. A jornada diária para o pessoal de manutenção e administração é de 08:00 h, que também segue as regras do regime trabalhista em vigor. Estes valores estão baseados nos critérios utilizados pelo Órgão Gestor, a EMTU/Recife, para o cálculo da tarifa e planilha de custo das Empresas Operadoras.

***COT* - Custo operacional total**

Definindo classicamente, é o somatório dos custos variáveis e fixos das linhas de ônibus para os períodos estudados, ou seja, os valores empregados na operação do serviço de transporte. O custo total dos recursos empregados na operação dos veículos necessários (e/ou disponíveis) para a operação programada e comercial (Lima, 1996).

Como sugestão, o custo diário operacional total de cada linha ônibus, para os dois períodos estudados, pode ser calculado conforme Daibert (1984), visando eliminar influências oriundas da metodologia para remuneração utilizada pelo Órgão Gestor nesses períodos. A fórmula aplicada para cálculo do custo diário, está demonstrada a seguir:

$$C = (CD + CI * PMA) * F / 320 \quad (2)$$

Onde,

C = custo diário total

CD = custo dependentes, considerado por empresa operadora e por linha de ônibus (R\$/veículo/ano)

CI = custo independente, considerado por empresa operadora e por linha de ônibus (R\$/km)

PMA = percurso médio anual (R\$/veículo/ano)

F = frota utilizada

320 = número médio adotado de dias utilizáveis no ano

CDO - Custo direto operacional

É o custo advindo das despesas diretas para realizar o serviço de transporte. Inclui-se neste grupo às despesas com motoristas, cobrador, fiscal, despachante, combustível, lubrificante e rodagem.

e - Números de ligações

Também denominada de arestas. Refere-se ao número de arestas formadas pelas ligações dos nós ou vértices.

v - Números de nós ou vértices da rede

São todos os pontos de acesso que promovem a entrada ou saída da rede, ou seja, os nós da rede.

ACS - Área coberta pelos serviços

Define-se como a área servida pelo sistema de transporte público, considerando a unidade medida sendo o tempo ou a distância percorrida a pé aceitável de caminhar. Segundo Molinero e Arellano (1996), geralmente se considera como forma primária, a distância que pode ser percorrida a pé em cinco minutos (\pm um raio de 300m) até uma estação ou parada. A forma secundária define todos aqueles pontos que se encontram entre cinco e dez minutos, e representa uma menor captação de usuários potenciais. Para o caso de linhas de transporte público, que não contam com paradas previamente estabelecidas, se utiliza o conceito de uma faixa de cobertura ou forma contínua sob as mesmas considerações anteriores. Pode-se esperar que a maioria dos usuários potenciais, que se encontram a uma distância que equivale a cinco minutos de caminhada até uma parada, faça uso do serviço de transporte, se é que este é de uma qualidade satisfatória (Molinero e Arellano, 1996). Mas, acima de um raio de cinco minutos, o percentual de usuários que utilizam o transporte público cai rapidamente devido os transtornos que causa o caminhar uma maior distância. O autor também salienta algumas considerações para o caso de distâncias que contemple aclive e declive, pois reduz a utilização dos serviços devido à disposição do usuário para caminhar nestas condições.

ARA - Área da região atendida

Considera-se, como área da região atendida, o somatório das áreas dos municípios ou distritos onde o sistema ou parte do sistema de transporte está inserido.

Todas as variáveis devem ser determinadas apenas para um dia útil, ou representada pela média do total desses dias, detalhando-se, quando possível, por linha de ônibus. Destaca-se, assim, que em termos metodológicos, a utilização desses indicadores parciais de desempenho, embora se constituindo numa técnica de utilização mais simples, é válida na medida em que são utilizados dados facilmente coletáveis ou normalmente existentes, os quais são facilitadores para a avaliação de um sistema. Com a metodologia proposta pretende-se analisar os dois tipos de Sistema de Transporte por Ônibus: o Sistema Convencional na situação anterior, formado por uma rede de linhas de ônibus radial; e o Sistema Integrado na situação atual, formado por uma rede de linhas de ônibus integrada, buscando através dos indicadores selecionados, verificar a performance e o desempenho econômico e operacional desses dois tipos de sistemas.

4. A REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE (RMR) E A DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Região Metropolitana do Recife (RMR) está localizada na zona da mata litoral de Pernambuco, ocupando 2.708 Km², correspondendo aproximadamente a 2,8% da área total do Estado. Com uma população de 3.337.565 milhões é a quinta maior área metropolitana do Brasil, no tocante à população, ficando abaixo, apenas, de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Porto Alegre (EMTU, 2003).

Integram a RMR 14 municípios, agrupados pela sua distribuição geográfica em 4 áreas, conforme Figura 10, (EMTU, 2003): **área centro** - Recife, Olinda e Jaboatão dos Guararapes; **área norte** - Paulista, Abreu e Lima, Igarassu, Itapissuma, Ilha de Itamaracá e Arassoiaba; **área oeste** - Camaragibe, São Lourenço da Mata e Moreno; e **área sul** - Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca.

4.1. Área do estudo de caso: O Terminal Integrado da PE-15 e sua área de influência

Foi mapeada a área estudada e suas linhas de ônibus, situando a abrangência da rede existente nas duas situações, antes (1993) e depois (2003). Esta área é composta por 8 comunidades: Jardim Paulista Baixo e Jardim Paulista Alto, Mirueira, Cidade Tabajara, Arthur Lundgren I, Arthur Lundgren II, Paratibe e Paulista Nobre. Das 8 comunidades beneficiadas, 7 são pertencentes ao Município de Paulista, e 1 pertencente ao Município de Olinda, totalizando uma população de 326.346 habitantes.

O Terminal Integrado da PE-15 foi implantado em 28 de novembro de 1994, através da operacionalização de 10 linhas de ônibus alimentadoras e uma linha de ônibus troncal para o centro do Recife. Em 18 de setembro de 1996, foram criadas três linhas de ônibus perimetrais para este Terminal, e iniciada a operacionalização das integrações das linhas ônibus com o metrô, nas Estações Fechadas de Joana Bezerra, Barro e Afogados. Também neste período, foi iniciada a operação do Terminal Integrado da Macaxeira, onde duas comunidades pertencentes à rede integrada do Terminal Integrado da PE-15, Mirueira e Arthur Lundgren II, ganharam uma linha de ônibus alimentadora, cada uma, para o respectivo Terminal. Localizado na Rodovia Estadual PE-15, na cidade de Olinda, possui 36.000 m² de área total e, 7.200 m² de área coberta. É composto de plataformas de embarque e desembarque, área de estocagem para ônibus, área verde, sanitários, área de refeitório e sala de estar para o pessoal de operação. Conta ainda com área de estacionamento para veículos, ponto de táxi, e 18 boxes comerciais. Este Terminal Integrado tem capacidade para receber uma demanda diária de 100 mil usuários (EMTU, 2003).

A rede convencional, existente em 1993, de estrutura essencialmente radio-concêntrica, era composta por 13 linhas de ônibus, 9 linhas radiais com destino ao Centro Expandido, e 4 era transversais, sendo que, 2 das linhas de ônibus têm como destino o Município de Recife, Bairro da Macaxeira, e 2 linhas de ônibus têm como destino o Município de Olinda, Bairro de Rio Doce. A **Figura 2** abaixo demonstra, de forma esquemática, a rede de linhas de ônibus, radiais, transversais e as possíveis integrações, caracterizando superposição em boa parte dos trechos dos itinerários.

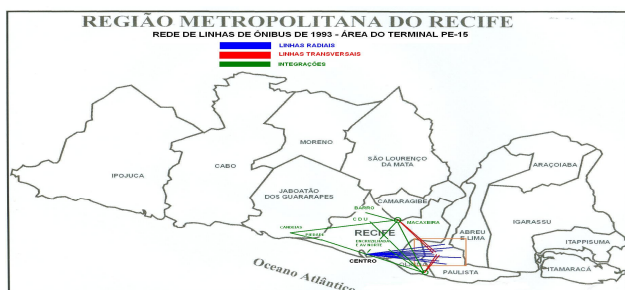


Figura 2 – Rede de Linhas de Ônibus Esquemática – Ano 1993 (Fonte: EMTU- Gerência de Programação e Serviço (GPS), 2003).

Esta rede foi substituída pela rede integrada de estrutura “escama de peixe”, com 8 (oito) linhas de ônibus alimentadoras, que atende a cada comunidade, convergindo para o Terminal Integrado da Pe-15, e uma linha de ônibus troncal, que integram os passageiros dessas 8 linhas de ônibus alimentadoras, partindo do Terminal Integrado da Pe-15, com destino ao

Centro Expandido do Município do Recife. Considerando o serviço que já existia antes da implantação do SEI, o atendimento para o Bairro da Macaxeira, foram criadas 2 (duas) linhas de ônibus alimentadoras, convergindo para o Terminal Integrado da Macaxeira para duas das oito comunidades, Mirueira e Arthur Lundgren II, com itinerários que, de certa forma, beneficiam a maioria das comunidades envolvidas. As 10 linhas de ônibus alimentadoras foram distribuídas entre as Zonas envolvidas, reestruturando a área de influência estudada. Como acréscimo de benefício a essas comunidades, complementando a rede, foram implantadas 3 linhas de ônibus perimetrais, oferecendo à rede a função estruturadora, cruzando todos os corredores de transporte coletivo da RMR, criando novas possibilidades de destinos. As 3 linhas de ônibus perimetrais criadas realizam seus itinerários conforme a seguir: 2 realizam seus itinerários pelo corredor da primeira perimetral, ligando essas comunidades aos Bairros de Boa Viagem e do Coque, localizados ao Sul e próximo do Centro Expandido do Município do Recife, respectivamente, integrando na Estação Fechada de Joana Bezerra; e 1 realiza seu itinerário pelo corredor da segunda perimetral, ligando essas comunidades ao Bairro de Afogados, integrando na Estação Fechada de Afogados, localizada no sentido Oeste do Município de Recife.

As integrações previstas em Estações Fechadas, ao longo do itinerário das linhas de ônibus troncal e perimetral, não foram implantadas, conforme estabelecido, no projeto, principalmente porque as outras etapas do SEI não foram implementadas em sua totalidade de concepção. Atualmente essas comunidades fazem integração em apenas três pontos: as Estações Fechadas Joana Bezerra e Afogados e no Terminal Integrado da Macaxeira. A partir desses 3 pontos de integração, as 8 comunidades passam a ter acesso a vários pontos da RMR, utilizando as etapas do SEI, em funcionamento com o mesmo anel tarifário pago, ou seja, com uma única tarifa. Em 1993, esta área era beneficiada com integração, por senhas utilizando 7 linhas do STPP/RMR, para ter acesso a outros corredores e áreas favorecendo opções de outros destinos dentro da RMR, mas com o pagamento de uma tarifa maior. Essas integrações tinham locais, horários das viagens e das linhas de ônibus pré-definidos pela EMTU/Recife, Órgão Gestor. A **Figura 3** destaca o desenho esquemático da Rede Integrada implantada na área de influência do Terminal Integrado da PE-15, em substituição a rede anterior existente, de 1993.



Figura 3 – Rede Integrada e Linhas de Ônibus - Ano 2003 (Fonte: EMTU- Coordenadoria de Planejamento (COPLAN), 2003).

5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

5.1. Análise da eficiência da rede sob o ponto de vista dos usuários e do operador

A análise da eficiência da rede integrada implantada na área de influência do Terminal da PE-15 em relação à rede convencional, antes da sua implantação, 1993, sob o ponto de vista do usuário e do operador será realizada através do resultado dos indicadores *DOLK*-Despesa Operacional por Lugares x Quilômetro; *CTV*-Custo Total da Viagem; *IS*-Intensidade do

Serviço; e *LKMPOH*-Lugares x Quilômetro por Pessoal de Operação x hora, de acordo com o **Quadro 1** a seguir.

Quadro 1 - Medição da Eficiência da Rede

INDICADOR	REDE CONVENCIONAL 1993	REDE INTEGRADA 2003	VARIAÇÃO %
DOLK (R\$/lugar x km)	0,0177	0,0037	(79,09)
CTV (R\$/viag.)	102,68	18,98	(81,51)
IS (lugar x km/veic. x km)	77	144	87,01
LKMPOH (lugar x km/homem x hora)	594	867	45,96

Analisando a eficiência da rede integrada implantado na área de influência do Terminal da PE-15, em relação ao período anterior a sua implantação(1993), verifica-se que os serviços produzidos tiveram seus custos minimizados. Este resultado pode ser demonstrado pela redução acentuada de 79,09 % nas despesas diretas operacionais, para produzir um lugar por cada quilômetro, e pela redução também acentuada de 81,51 % do custo total, para produzir cada viagem sobre a rede.

A intensidade média do serviço produzido sobre a rede passou a ser maior 87,01 % do que era produzido anteriormente sobre a rede convencional, em 1993. Isso pode ser verificado através de uma análise mais detalhada da área, quanto à mobilidade para os dois períodos, conforme **Quadro 2** abaixo. As comunidades da área estudada, com a implantação da rede integrada, ganharam 186,94 % em mobilidade. Em 1993, a quantidade de movimentos possíveis era de 475 e com a nova rede implantada passou a ser 1.718, dos quais 675 são movimentos não existentes anteriormente, em 1993, para a área que tem como destinos a Estação Fechada de Afogados, a Estação Fechada de Joana Bezerra e ao Bairro de Boa Viagem. Esses novos movimentos viabilizam a utilização total da rede integrada implantada na RMR com o pagamento de uma única tarifa por sentido, ou seja, o SEI.

Quadro 2 – Quantidade de Movimentos por Dia Útil

DESTINO DA VIAGEM	QUANTIDADE DE VIAGEM EM 1993	QUANTIDADE DE VIAGEM EM 2003	BENEFÍCIO EM VIAGEM
MACAXEIRA	60	86	26
RIO DOCE/BULTRINS	60		(60)
CENTRO EXPANDIDO	355	329	(26)
ESTAÇÃO AFOGADOS		189	189
BOA VIAGEM		316	316
ESTAÇÃO JOANA BEZERRA		170	170
VIAGENS ORIGINADAS NAS COMUNIDADES	(355) (*)	628	273
TOTAL DE VIAGENS DA ÁREA	475	1.718	888
PERCENTUAL DE BENEFÍCIO NA ÁREA EM MOBILIDADE			186,94 %

Fonte: EMTU/Recife. Dados Operacionais da Primeira Quinzena de Novembro de 2003, Média Dias Úteis. OBS: (*) Quantidade computada para verificar o acréscimo recebido para as viagens originadas nas comunidades.

Com a implantação da rede integrada do SEI foi reduzida a quantidade de 26 movimentos destinados ao Centro Expandido, como também foram extintas duas linhas de ônibus que faziam o mesmo destino, Mirueira/Rio Doce/Bultrins e Mirueira/Bultrins/Rio Doce, que totalizavam 60 movimentos, e essa quantidade de movimentos, que eram disponibilizados na área, em 1993, um total de 86, foi transformada em benefício, complementando os novos destinos criados. Os movimentos destinados ao Bairro da Macaxeira, 60 no total, realizados por duas linhas de ônibus transversais e que beneficiavam parte da área, em 1993, por estarem centralizados na comunidade de Mirueira, foram ampliados e distribuídos em duas comunidades, Mirueira e Arthur Lundgren II. Para essas comunidades foram alocados 43 movimentos realizados por uma linha de ônibus alimentadora, para cada uma, fazendo a ligação com o Terminal Integrado da Macaxeira, oferecendo uma melhor cobertura com a

rede para esta área. Esses serviços passaram a ser produzidos com um melhor aproveitamento da mão-de-obra direta operacional, caracterizado pelo aumento de 45,96 % em lugares por cada quilômetro da rede para cada homem x hora alocado para operação.

5.2. Análise da eficiência da rede sob o ponto de vista do governo e da sociedade

A análise da eficiência da rede integrada implantada na área de influência do Terminal da PE-15 em relação ao período anterior à sua implantação, 1993, sob o ponto de vista do Governo e da Sociedade, será através do resultado dos indicadores α -índice de disponibilidade de circuitos, γ -índice de conectividade, e ICR-índice de cobertura da rede, de acordo com o **Quadro 3** a seguir.

Quadro 3 - Medição da Eficiência da Rede

INDICADOR	REDE CONVENCIONAL 1993	REDE INTEGRADA 2003	VARIACÃO %
$\alpha (\%) = (e - v + 1) / (2 * v - 5)$	23,60	22,80	(3,57)
$\gamma (\%) = e / (3 * (v - 2))$	49,30	48,60	(1,31)
ICR (%)	$4,38 * 10^{-3}$	$7,98 * 10^{-3}$	82,21

Analisando a eficiência da rede da área de influência do Terminal da PE-15, verifica-se que, para o SEI, em relação ao período anterior a sua implantação, 1993, houve uma redução de 3,57% no índice de disponibilidades de circuitos, ou seja, uma redução para a flexibilização operacional. O mesmo resultado é visto para o índice de conectividade, com uma redução de 1,31 %. Os valores obtidos para “alfa” e “gama”, nos dois períodos, foram baixos. Este resultado baixo é explicado pelo tipo característico da rede da RMR, que é um misto de rede do tipo escama de peixe ou árvore, com rede do tipo grade, sendo em proporções maiores para rede do tipo árvore. Para esses casos, o índice de disponibilidade de circuitos e de conectividade é menor, ou seja, são redes que limitam sua flexibilidade operacional pela sua própria configuração. Isto também é reforçado através de alguns itinerários tanto para a rede convencional, como para a rede integrada, que fazem longos percursos sem ainda contemplar interconexões, decorrentes até mesmo do tipo da rede e da situação geográfica e urbana local. Outro aspecto a ser considerado é que o SEI não foi implementado em sua totalidade, hoje só representa 26 % do STPP/RMR, portanto, acredita-se que quando esta rede estiver completa esses índices passarão a ser mais adequados. A variação ocorrida entre os dois períodos, para os dois índices, também foi pequena, pois quase não houve intervenção física na rede. Para o período de 1993, o itinerário da rede contemplava integrações com os municípios de Recife e Jaboatão dos Guararapes, e para 2003, esta rede passou a contemplar integrações para os municípios de Recife, Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata, Camaragibe, Araçoiaba, Abreu e lima, Igarassu, Itamaracá e Itapissuma, no entanto, a configuração da rede permaneceu a mesma. As intervenções ocorridas na rede foram essencialmente operacionais e financeiras uma vez que, em 1993, os usuários, para utilizar as integrações disponíveis, que ofereciam pouco acesso na RMR, pagavam uma tarifa maior do que o serviço normal da área, por sentido. E em 2003, as integrações disponibilizadas, oferecendo um acesso bem maior na RMR, passaram para o pagamento de uma única tarifa, por sentido, através dos Terminais e Estações Fechadas do SEI.

Analisando o índice de cobertura da rede para área de influência do Terminal Integrado da PE-15, verifica-se que para a rede integrada, o SEI, houve um aumento de 82,21 % em relação ao período anterior a sua implantação, 1993, justificados pela abrangência de itinerários disponibilizados com as integrações dentro da RMR, como já mencionado acima. Em termos de área coberta pelos serviços considerando o conjunto de itinerários disponibilizados, em 1993 antes da implantação do SEI esta área representava 128,71 km² para uma extensão de 214, 51 km, e com a implantação do SEI esta área passou a ter 198,77 km² para uma extensão de 331,31 km, ou seja, o 54,45 % maior. Considerando que os índices de disponibilidade de circuitos e de conectividade são indicadores que abordam apenas a

topologia da rede não levando em conta a variável custo e tempo, não se considera que a eficiência da rede da área de influência do Terminal da PE-15-SEI foi menor, pois necessitaria de análise mais aprofundada. Já analisando pela amplitude de atendimento com serviço para esta área, os resultados do índice de cobertura da rede e da área coberta pelos serviços apresentaram-se em percentuais bem mais favoráveis para a rede integrada.

6. CONCLUSÕES

No aspecto eficiência, a rede integrada implantada na área de influência do Terminal da PE-15, em 2003, apresentou, sob todos os pontos de vistas (dos usuários, do operador, do Governo, e da sociedade), melhores resultados do que a rede convencional existente em 1993, antes da sua implantação. Em resumo, os resultados mostram que a rede integrada implantada na área de influência do Terminal da PE-15 teve seus custos de produção de serviços efetivamente minimizados, ou seja, efetivamente mais econômicos com um melhor aproveitamento dos fatores de produção. Também é verificado o aumento na oferta de serviço sobre a rede com uma melhor eficiência na utilização da mão-de-obra de operação alocada para a sua produção. Portanto, o conjunto de medidas aplicadas para análise do desempenho, sob os pontos de vista do usuário e do operador, não só apresentam resultados favoráveis para a rede integrada, como também, confirma que foi um bom investimento para o operador e os usuários da área. Da mesma forma, pode-se afirmar que o desempenho medido sob os pontos de vistas do Governo e da sociedade também apresentou no seu conjunto melhor resultado para a rede integrada, uma vez que, a amplitude de serviço nesta área passou a oferecer um maior acesso a RMR e vice e versa, e ainda com benefício tarifário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aragão, J. J. G., “Avaliação do Desempenho no Transporte Público e seu Incentivo: Problemas, Discussões e Experiências”. *O Ônibus Urbano Regulamentação e Mercados*. L.G.E., Brasília-DF, 1996.
- Cervero, R., *The Transit Metropolis*. Island Press. 1998.
- Daibert, J. R. M., “Avaliação do Desempenho de Transporte Coletivo por Ônibus”; Séries Teses/Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos; 6 – Brasília:EBTU, 1984.
- EMTU, Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos, *Planilha de Custo*, 1993.
- EMTU, Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos, *Planilha de Custo*, 2003.
- EMTU, Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos. Governo do Estado. *O Sistema Estrutural Integrado*, EMTU/BNDES, 2003.
- Lima, I. M. O., *O Novo e o Velho na Gestão da Qualidade do Transporte Urbano*. EDIPRO – 1996 – 1ª edição – 232 p.
- Molinero, A. R. M., Arellano, I. S., *Transporte Público: Planejamento, Desenho, Operação e Administração*. Urbanismo y Sistema de Transporte S. A. de C.V. Universidade Autónoma del Estado de México, 1996.
- Potrykowski, M. e Taylor, Z., *Geografia Del Transporte*. Editora Ariel, S. A. Barcelona, 1984.
- Robinson, H. e BAMFORD, C. G., *Aspect Geographies-Geography of Transport*. Macdonald & Evans LTD. London, 1978.
- Rossiter, A. C., *Uma Contribuição Metodológica para Monitoração do Desempenho de Sistemas de Transporte Público por Ônibus*. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.
- SAVOYNET, Programa para Atualização de Valores Monetários. Consulta em agosto/2004. <http://www.savoynet.com.br/easycalc/correcao.asp>
- Tomazinis, R.A., *Productivity, Efficiency, and Quality in Urban Transportation Systems*. Londres: Lexington Books, 1975.
- Vuchic, V. R., *Urban Public Transportation Systems and Tecnology*. University of Pensylvania, 1981.