

# **TRANSIS: UM NOVO MÉTODO PARA AVALIAR O DESEMPENHO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS**

**Edgard Dias Batista Jr.**  
**Edson Luiz França Senne**  
UNESP, Campus de Guaratinguetá

## **RESUMO**

O presente trabalho apresenta um método para avaliar o desempenho de sistemas de transporte urbano de passageiros que utiliza o conceito de custo penalizado: valor relacionado ao próprio custo e, também, à quantidade de horas necessárias para atender a demanda. A função penalidade utiliza indicadores de desempenho associados ao tempo de viagem, ao número de transbordos, ao conforto, ao nível de atendimento à demanda, à ocorrência de viagens sem passageiros e ao próprio tamanho da rede de linhas. A metodologia proposta, que está implementada em um programa de computador (sistema TranSis) escrito em Delphi, disponibiliza uma ferramenta útil no planejamento de sistemas de transporte coletivo. Além de possibilitar uma análise das principais variáveis relativas a uma rede de linhas, o sistema TranSis determina um índice que mede o desempenho da rede, numa escala de 0 (péssimo) a 1 (ótimo). Apresenta-se, também, os resultados de uma aplicação do sistema TranSis ao estudo do sistema de transporte coletivo da cidade de Guaratinguetá, SP.

## **ABSTRACT**

This work presents a method to evaluate the performance of passengers' urban transport systems. This method is based on the penalized cost concept which combines the cost and the time necessary to satisfy all the transportation demand, penalized by some evaluation factors associated to the travel time, the number of transshipments, the passengers' comfort, the demand satisfaction level, the number of travels without passengers and the length of the transportation network itself. The proposed methodology, which has been implemented as a computer program (TranSis system), written in Delphi language, provides a useful tool for the planning of public transport systems. Besides allowing analysis of the main variables related to a transportation network, TranSis system also determines a performance index for the network. This index varies from 0 (extremally bad) to 1 (extremally good). Results produced by TranSis system in a study of the public transport system of Guaratinguetá city are also presented.

## **1. INTRODUÇÃO**

Várias são as alternativas que um planejador de transporte pode apresentar para satisfazer a demanda por deslocamentos entre as regiões de uma cidade, considerando as diferentes possibilidades de utilização do sistema viário e tecnologias associadas aos diversos modos de transporte. Nesse contexto, fica muito difícil garantir que uma determinada alternativa seja ótima. Na prática, limita-se a apresentar um conjunto de alternativas viáveis, descrevendo suas características, vantagens e desvantagens (Wright e Ashford, 1989). Assim, torna-se fundamental o estabelecimento de critérios de avaliação do desempenho de sistemas de transporte que, como salienta Daibert (1985), incluam os indicadores mais significativos sob o enfoque do órgão gerenciador, que tem como função garantir os objetivos, muitas vezes conflitantes, de usuários e operadores.

O presente trabalho procura contribuir para a avaliação do desempenho de redes de transporte coletivo. Para tanto, desenvolve uma metodologia que utiliza o conceito de custo penalizado da rede, um valor relacionado ao custo e à quantidade de horas necessárias para atender toda a demanda, penalizado com indicadores de desempenho associados ao tempo de viagem, ao número de transbordos, ao conforto, ao nível de atendimento à demanda, à ocorrência de viagens sem passageiros e ao próprio tamanho da rede de linhas. O trabalho apresenta também um índice que mede o desempenho de um sistema de transporte coletivo urbano numa escala de 0 (desempenho péssimo) a 1 (desempenho ótimo).

Na última década, encontra-se uma série de trabalhos abordando tanto a qualidade e produtividade, como a avaliação do desempenho de sistemas de transporte urbano, variando quanto ao enfoque e também quanto aos indicadores utilizados: Faria e Novaes (1991), Arezki *et al.* (1991), Cardoso e Pinheiro (1993), Ortúzar e Willumsen(1994), Arruda (1995), Aragão (1995), Alves (1995), Ramos (1997), Figueiredo e Gartner (1999). Em geral, as variáveis consideradas na determinação de um índice de desempenho de uma rede de linhas de transporte coletivo estão associadas aos seguintes indicadores:

- *Rapidez*: facilidade de circulação pelo sistema viário, que pode ser medida pelo tempo necessário para realizar os deslocamentos;
- *Acessibilidade*: facilidade dos usuários alcançarem os destinos pretendidos, traduzida pela coincidência dos itinerários com os desejos dos usuários;
- *Custo*: valor necessário para transportar os usuários;
- *Transbordo*: quantidade de trocas de linhas necessárias para a realização dos deslocamentos;
- *Conforto*: função da densidade de ocupação (quantidade de passageiros viajando em pé por área útil), das características dos veículos (limpeza, temperatura, vibração, ventilação, ruídos, emissão de poluentes, tipo de assentos, idade), das condições dos pontos de parada e terminais (plataformas para embarque/desembarque, mobiliário urbano, sanitários, etc.);
- *Confiabilidade*: regularidade, pontualidade, traduzida pelo respeito aos horários estabelecidos para os veículos partirem dos pontos de parada;
- *Segurança*: tanto a relacionada com os veículos (manutenção, capacitação do motorista, etc.), como a própria segurança física e patrimonial dos usuários;
- *Atendimento à demanda*;
- *Ocorrência de viagens sem passageiros*, normalmente relacionadas com os deslocamentos da ou para a garagem;
- *Tamanho da rede de linhas*: as dificuldades operacionais e de fiscalização estão diretamente relacionadas à quantidade de linhas que compõem o sistema de transporte coletivo.

Evidentemente, um índice de desempenho de redes de linhas será considerado tanto melhor quanto mais variáveis, relacionadas com os indicadores apresentados acima, levar em consideração. No entanto, a obtenção de um índice de desempenho com tal característica é uma tarefa árdua, pois implica na necessidade da obtenção de um elevado volume de dados, muitos dos quais de natureza complexa. O índice de desempenho proposto neste trabalho considera variáveis relacionadas com os seguintes indicadores: rapidez, acessibilidade, custo, transbordo, conforto, atendimento à demanda, ocorrência de viagens sem passageiros e tamanho da rede de linhas.

## **2. INDICADORES USADOS PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO**

A seguir são descritos os indicadores utilizados pelo sistema TRANSIS para avaliar o desempenho de uma rede de linhas. Os detalhes dos tópicos apresentados, tanto nesta seção como nas seguintes, encontra-se em Batista Jr. e Senne (1999).

### **2.1. Rapidez**

A rapidez refere-se ao nível de facilidade de circulação pelo sistema viário, que pode ser medido pelo tempo necessário para a realização dos deslocamentos. Esse tempo é função da velocidade operacional, das condições do sistema viário, da ocorrência de congestionamento, da disponibilidade de estacionamento, etc..

O tempo que um usuário gasta para ir de uma dada origem até um certo destino pode ser decomposto em quatro parcelas:

- tempo de acesso ao ponto de embarque;
- tempo gasto do ponto de desembarque até o destino final;
- tempo de espera, tanto no ponto de parada da região origem, como nos pontos de parada para transbordo e
- tempo de deslocamento no interior dos veículos.

As duas primeiras parcelas estão diretamente relacionadas com a micro acessibilidade (ANTP, 1997) e, assim sendo, esses tempos são especialmente considerados na Seção 2.2. Com isso, o indicador de rapidez está associado propriamente ao tempo total de espera nos pontos de parada e de deslocamento no interior dos veículos.

## **2.2. Acessibilidade**

A facilidade dos usuários alcançarem os destinos pretendidos, traduzida pela coincidência dos itinerários com os desejos dos usuários, pode ser expressa através do tempo necessário para se efetuarem os deslocamentos através da rede de linhas. Como visto acima, este tempo pode ser decomposto em quatro parcelas. Dessas parcelas, o tempo gasto pelo usuário desde uma dada origem até o ponto de parada para embarque e do ponto de desembarque até o destino final está diretamente relacionado ao nível de satisfação do usuário quanto ao itinerário. Evidentemente, para um usuário o ideal seria que os pontos de embarque e desembarque fossem junto à origem e ao destino da viagem.

## **2.3. Custo**

O custo necessário para transportar cada usuário é certamente um dos principais indicadores de desempenho de uma rede de linhas. Praticamente, o custo pode ser decomposto em duas partes: custo fixo, que não depende da ocorrência de deslocamentos (como, por exemplo, remuneração do capital, depreciação, pagamento de pessoal, despesas administrativas) e custo variável, que envolve as despesas diretamente relacionadas com a quilometragem percorrida pelos veículos (como, por exemplo, combustível, lubrificantes, rodagem).

## **2.4. Transbordo**

Certamente, quanto maior for o número de transbordos necessários para se realizar uma viagem, maior será o nível de insatisfação dos usuários e, conseqüentemente, pior será a avaliação do desempenho da rede de linhas.

## **2.5. Conforto**

O conforto dos usuários é fator fundamental na determinação do índice de desempenho de uma rede de linhas e um importante indicador do conforto é a densidade de ocupação do veículo, expressa através do número de passageiros viajando em pé por unidade de área (Daibert, 1985).

Considerando uma densidade de ocupação aceitável pelos usuários é possível determinar a capacidade nominal de ocupação do veículo, dada pela quantidade de assentos e de lugares reservados para passageiros em pé. Também, pode-se determinar o índice de ocupação, ou simplesmente ocupação do veículo, dado pela relação entre o seu carregamento num determinado trecho e a capacidade nominal de ocupação. Considera-se uma rede com ocupação ótima aquela que o carregamento de cada uma das linhas é o mais equilibrado

possível, considerando uma densidade de ocupação aceitável pelos usuários. Por outras palavras, numa rede com ocupação ótima o carregamento de cada veículo varia minimamente entre as diferentes regiões dos itinerários das diferentes linhas em relação à densidade de ocupação aceitável.

## **2.6. Atendimento à Demanda**

Por princípio, o planejamento de sistemas de transporte coletivo tem por objetivo atender toda a demanda por viagens, com uma qualidade aceitável. No entanto, por motivos operacionais, na prática é possível que parte da demanda não seja atendida, constituindo-se assim num dos indicadores utilizados para a avaliação do desempenho da rede.

## **2.7. Viagens Sem Passageiro**

Evidentemente, no planejamento de uma rede de linhas de transporte coletivo procura-se evitar a ocorrência de viagens sem passageiro. No entanto, algumas são inevitáveis, especialmente quando se trata de deslocamentos da ou para a garagem, respectivamente no início e no final da operação. Assim sendo, a distância percorrida pelos veículos sem passageiro constitui-se num indicador de desempenho da rede.

## **2.8. Tamanho da Rede de Transporte Público**

O número de linhas que compõem um sistema de transporte coletivo também pode ser considerado um indicador de seu desempenho, na medida que, fixando-se a demanda, o aumento do número de linhas implica no aumento das dificuldades operacionais e, especialmente, da necessidade de uma maior fiscalização.

## **3. CUSTO PENALIZADO DA REDE**

O custo penalizado da rede de linhas (CPR) considera, além do custo propriamente dito, o tempo necessário para satisfazer a demanda, o número de transbordos necessários, o conforto, o atendimento à demanda, a ocorrência de viagens sem passageiros e o próprio tamanho da rede de linhas.

Por exemplo, considerando-se diferentes trajetos, que gastam o mesmo tempo para realizar o deslocamento entre duas regiões, certamente, o usuário irá preferir aquele trajeto que apresente o menor número de transbordos. Assim sendo, o tempo de realização de viagem através de cada trajeto será penalizado através de uma função diretamente proporcional ao número de transbordos necessários.

Com respeito ao conforto, uma análise superficial poderia indicar que quanto menor a ocupação melhor para o usuário e, conseqüentemente, melhor a avaliação da rede de linhas. No entanto, o correto é considerar que, respeitada a densidade de ocupação aceitável pelo usuário, isto é, garantindo um determinado nível de conforto, a melhor rede de linhas é aquela que apresenta a máxima ocupação. Assim sendo, o tempo de realização de cada viagem será penalizado através de uma função inversamente proporcional ao índice de ocupação.

A equação (1) pode ser utilizada para o cálculo do CPR, tanto para o período de pico como de entre-picos, considerando-se, evidentemente, as variáveis e os parâmetros correspondentes a cada um desses períodos típicos.

$$CPR = [CA + CNA] \times TDNA^a \times TVSP^b \times TLR^1 \quad (1)$$

onde:

CA: custo associado ao atendimento da demanda;

CNA: custo associado ao não atendimento da demanda, pela inexistência de trajeto ligando determinadas regiões;

TDNA: total da demanda não atendida;

TVSP: custo direto associado ao total das viagens realizadas sem passageiro;

TLR: total de linhas da rede de transporte coletivo;

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\lambda$ : fatores correspondentes à importância do atendimento à demanda, da ocorrência de viagens sem passageiro e do tamanho da rede de linhas, respectivamente. A Tabela 1 apresenta valores empíricos que podem ser atribuídos aos fatores de importância.

**Tabela 1:** Valores Atribuídos aos Fatores de Importância

Fator de Importância	Nenhuma	Pequena	Média	Grande	Muito Grande
$\alpha, \beta, \lambda$	0	1/8	1/4	1/2	1

#### 4. ÍNDICE DE DESEMPENHO DA REDE

Como discutido na seção anterior, o custo penalizado da rede (CPR) é um valor associado ao custo e à quantidade de horas necessárias para atender a demanda, penalizado com indicadores de desempenho associados ao tempo de viagem, ao número de transbordos, ao conforto, à ocorrência de viagens sem passageiros e ao próprio tamanho da rede de linhas. Assim sendo, o CPR é útil na comparação do desempenho entre diferentes redes de linhas de transporte coletivo. Para ultrapassar essa característica apenas comparativa do CPR, apresenta-se a seguir um índice de desempenho da rede (IDR) que mede o desempenho de uma rede de transporte coletivo urbano, numa escala de 0 (desempenho péssimo) a 1 (desempenho ótimo).

$$IDR = \frac{CPR\_Péssimo - CPR}{CPR\_Péssimo - CPR\_Ótimo} \quad (2)$$

onde:

CPR: custo penalizado de uma rede de linhas;

CPR\_Péssimo e CPR\_Ótimo: custo penalizado de uma rede de linhas considerada péssima e ótima, respectivamente, calculados como segue:

$$CPR\_Péssimo = \left\{ \sum_{i,j} [Pass(i,j) \times Custo\_Max(i,j) \times Penal\_Max(i,j)] \right\} \times \{Fator\_Max\} \quad (3)$$

$$CPR\_Ótimo = \left\{ \sum_{i,j} [Pass(i,j) \times Custo\_Min(i,j) \times Penal\_Min(i,j)] \right\} \times \{Fator\_Min\} \quad (4)$$

onde:

Pass(i,j): número de passageiros que desejam se deslocar da região i para a região j;

Custo\_Max(i,j) e Custo\_Min(i,j): respectivamente, custo máximo e custo mínimo para transportar um passageiro da região i à região j;

Penal\_Max(i,j) e Penal\_Min(i,j): respectivamente, penalidade máxima e penalidade mínima para se deslocar da região i à região j;

Fator\_Max e Fator\_Min: fatores associados, respectivamente, ao máximo e ao mínimo da demanda não atendida, viagens sem passageiros e ao tamanho da rede de linhas, calculados como segue:

$$Fator\_Max = [TDNA\_Max]^a \times [TVSP\_Max]^b \times [TLR\_Max]^l \quad (5)$$

$$Fator\_Min = [TDNA\_Min]^a \times [TVSP\_Min]^b \times [TLR\_Min]^l \quad (6)$$

onde:

TDNA\_Max e TDNA\_Min: respectivamente, o máximo e o mínimo aceitável de demanda não atendida;

TVSP\_Max e TVSP\_Min: respectivamente, custo direto máximo e mínimo associado ao total das viagens realizadas sem passageiro;

TLR\_Max e TLR\_Min: respectivamente, número máximo e mínimo de linhas admissível para a rede em estudo.

As penalidades máxima e mínima para se deslocar da região i à região j, podem ser calculadas como segue:

$$Penal\_Max(i, j) = \frac{[Tempo\_Max(i, j)]^u \times [NT\_Max + 1]^v}{[Ocupa\_Min]^w} \quad (7)$$

$$Penal\_Min(i, j) = \frac{[Tempo\_Min(i, j)]^u \times [NT\_Min + 1]^v}{[Ocupa\_Max]^w} \quad (8)$$

onde:

NT\_Max e NT\_Min: respectivamente, número máximo e mínimo de transbordos admissível na rede de linhas;

Ocupa\_Mín e Ocupa\_Min: respectivamente, índice de ocupação mínimo e máximo admissível na rede de linhas;

Tempo\_Max(i,j) e Tempo\_Min(i,j): respectivamente, tempo máximo e mínimo para transportar um passageiro da região i à região j.

u, v, w : fatores correspondentes à importância do tempo de viagem, do transbordo e da ocupação, respectivamente. Os valores atribuídos a tais fatores são idênticos aos apresentados na Tabela 1.

## 5. O SISTEMA TRANSIS

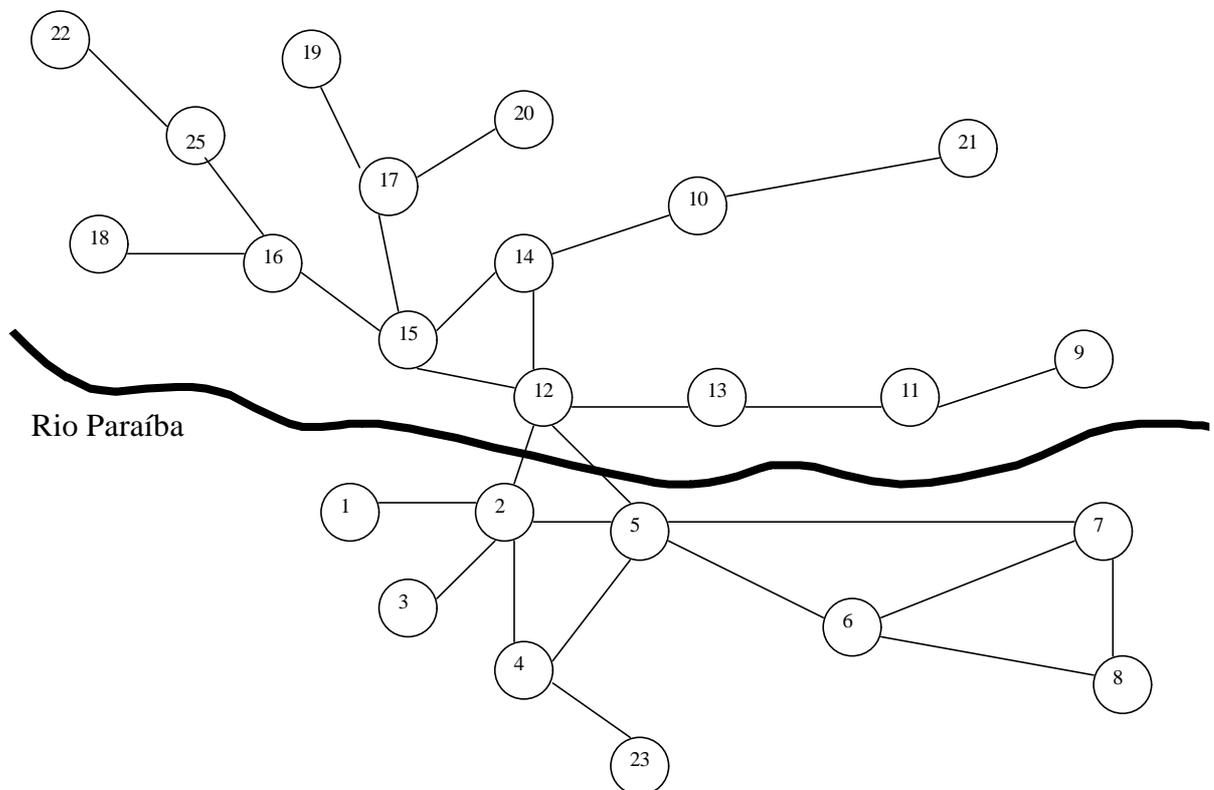
A metodologia de avaliação de sistemas de transporte coletivo urbano apresentada nas seções anteriores foi implementada em Delphi, resultando um *software* denominado TRANSIS. De fato, constitui-se na continuação de desenvolvimentos efetuados anteriormente na UNESP, Campus de Guaratinguetá, na área de Planejamento de Transportes (Rodrigues e Batista Jr., 1997; Seitz, 1998). O sistema TRANSIS foi desenvolvido como uma ferramenta para a análise e o planejamento de sistemas de transporte público urbano e, além da determinação do custo penalizado da rede (CPR) e do índice de desempenho da rede (IDR), possibilita:

- verificar a existência de caminhos naturais entre as diferentes regiões;
- construir uma rede de linhas viáveis;

- determinar o conjunto de trajetos possíveis;
- determinar os intervalos entre partidas (*headway* mínimo, máximo e médio), para rede de linhas, nos períodos de pico e entre-picos;
- determinar o carregamento por linha nos períodos de pico e entre-picos, tanto em termos absoluto (total de passageiros transportados), como relativo (percentual);
- determinar o índice de ocupação por região do itinerário de cada linha, nos períodos de pico e entre-picos;
- determinar a parcela do CPR correspondente a cada linha;
- determinar uma divisão em lotes de linhas, considerando-se o carregamento de passageiros, a parcela correspondente ao CPR ou outra qualquer variável de interesse;
- comparar diferentes alternativas de redes de linhas, na tentativa de se encontrar uma rede de mais baixo custo.

## 6. APLICAÇÃO DO SISTEMA TRANSIS

Trata-se de uma aplicação considerando um caso real, relacionado com a cidade de Guaratinguetá, SP. Nesse caso, o sistema TRANSIS foi utilizado com a finalidade de analisar o desempenho de diversas alternativas de redes de linhas, inclusive considerando a possibilidade de divisão em lotes de linhas, para efeito de licitação. Foram utilizados dados obtidos a partir de uma pesquisa origem-destino (O-D) realizada recentemente nessa cidade. Na Figura 1, apresenta-se os caminhos naturais existentes entre as regiões da cidade e, em Batista Jr. e Senne (1999), encontra-se as matrizes de Pico, Entre-Picos e 24 horas resultantes da Pesquisa O-D, além da rede de linhas atualmente em operação.



**Figura 1:** Caminhos Naturais de Guaratinguetá

Na tabela a seguir são apresentados os parâmetros utilizados no processamento do TRANSIS.

**Tabela 2:** Parâmetros Utilizados na Aplicação do TRANSIS em Guaratinguetá-SP

Área útil do veículo (metros quadrados)	4.00
Densidade de ocupação média (pessoas/metro quadrado)	1.00
Densidade de ocupação máxima (pico)	5.00
Densidade de ocupação mínima (entre-picos)	0.00
Velocidade operacional máxima da rede	25.00
Velocidade operacional mínima da rede	15.00
Mínimo índice de atendimento à demanda	0.90
Mínimo índice de ocupação da rede	0.10
Número de passageiros sentados	44
Headway médio desejável para toda a rede (minutos)	60.00
Headway máximo (minutos)	600.00
Número de regiões	25
Número máximo de transbordos	1
Fator de importância dos transbordos	0.25
Fator de importância do tempo dos trajetos	0.25
Fator de importância da ocupação	0.25
Fator de importância da demanda não atendida	0.25
Fator de poda sobre o tempo de trajetos	4.0
Custo médio mensal por veículo para toda a frota	12602.84
Custo médio por km para toda a rede de linhas	0.2355
Percurso médio mensal por veículo	6123.0
Índice de passageiros por km máximo	3.5000
Índice de passageiros por km nominal	1.0000
Tempo médio de espera no ponto de embarque	5.00
Tempo médio de espera para transbordos	10.00

Os resultados do TRANSIS para os períodos de pico e entre-picos da atual rede de 23 linhas e de uma rede simplificada com 13 linhas são apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

**Tabela 3:** Resultados Gerais da Aplicação em Guaratinguetá-SP, no Período de Pico

	Rede Atual	Rede Simplificada
Capacidade nominal de ocupação (pass/veículo) .....	64	64
IPK Médio da Rede .....	2.27	3.22
Demanda total .....	2595.0	2595.0
Viagens a partir de transbordos .....	(+) 866.6	(+) 647.8
Demanda não atendida .....	(-) 123.0	(-) 123.0
Total de viagens .....	3338.6	3.115.8
CPR-Ótimo - Custo Penalizado Ótimo .....	3398.14	3398.14
CPR-Péssimo - Custo Penalizado Péssimo .....	114810.16	114810.16
CPR - Custo Penalizado da Rede .....	23766.55	21139.76
IDR - Índice de Desempenho da Rede .....	0.82	0.84

**Tabela 4:** Resultados Gerais da Aplicação em Guaratinguetá-SP, no Período de Entre-Picos

	Rede Atual	Rede Simplificada
Capacidade nominal de ocupação (pass/veículo)	44	44
IPK Médio da Rede .....	2.19	2.13
Demanda total .....	665.0	665.0
Viagens a partir de transbordos .....	(+) 223.2	(+) 169.3
Demanda não atendida .....	(-) 20.0	(-) 20.0
Total de viagens .....	868.2	810.2
CPR-Ótimo - Custo Penalizado Ótimo .....	867.24	867.24
CPR-Péssimo - Custo Penalizado Péssimo .....	20905.25	20905.25
CPR - Custo Penalizado da Rede .....	5771.96	5055.63
IDR - Índice de Desempenho da Rede .....	0.76	0.79

Analisando-se os resultados acima, observa-se que o IDR da Rede Simplificada é melhor do que o da Rede Atual e, por essa razão, a Rede Simplificada foi escolhida para se estudar possíveis divisões da rede de linhas em lotes, para efeito de licitação pública. Considerou-se dois critérios para a divisão da Rede Simplificada em dois lotes equivalentes: o primeiro, em função da demanda e o segundo, em função do Custo Penalizado da Rede. Na Tabela 5, apresenta-se os lotes A e B, satisfazendo cerca da metade da demanda para o período de pico e na Tabela 6, apresenta-se os lotes C e D, correspondendo a metade do Custo Penalizado da Rede.

**Tabela 5:** Divisão da Rede de Linhas em Dois Lotes, considerando a Demanda

Lote	Linha	Período de Pico				Período Entre-Picos			
		Pass. Total	Pass. Acum.	%	% Acum.	Pass. Total	Pass. Acum.	%	% Acum.
A	4	446.7	446.7	14.4	14.4	121.8	121.8	15.0	15.0
	8	354.1	800.8	11.4	25.8	112.7	234.5	14.0	29.0
	6	333.3	1134.1	10.7	36.5	98.8	333.3	12.2	41.2
	2	249.9	1384.0	8.0	44.5	52.6	385.6	6.5	47.7
	3	126.4	1510.4	4.1	48.5	16.4	402.0	2.0	49.7
	12	40.4	1550.8	1.3	49.9	12.4	414.4	1.5	51.2
	13	8.0	1558.8	0.3	50.2	24.0	438.4	3.0	54.2
B	7	421.0	421.0	13.5	13.5	106.0	106.0	13.1	13.1
	9	413.3	834.3	13.3	26.8	111.8	217.8	13.8	26.9
	1	333.7	1168.0	10.7	37.5	37.0	254.8	4.5	31.4
	5	304.7	1472.7	9.8	47.3	104.4	359.2	12.9	44.3
	10	80.4	1553.1	2.6	49.9	12.4	371.6	1.5	45.8
	11	4.0	1557.1	0.1	50.0	0	371.6	0	45.8

**Tabela 6:** Divisão da Rede de Linhas em Dois Lotes, considerando o CPR

Lote	Linha	Período de Pico				Período Entre-Picos			
		CPR	CPR Acum.	%	% Acum.	CPR	CPR Acum.	%	% Acum.
C	9	2726.4	2726.4	12.9	12.9	652.6	652.6	12.9	12.9
	7	2684.8	5411.2	12.7	25.6	633.5	1286.1	12.5	25.4
	5	1800.8	7212.0	8.5	34.1	434.6	1720.7	8.6	34.0
	3	1441.8	8653.8	6.8	40.9	333.8	2054.5	6.6	40.6
	1	1333.4	9987.2	6.3	47.2	285.8	2340.3	5.7	46.3
	12	506.7	10493.9	2.4	49.6	118.7	2459.0	2.4	48.7
	11	62.2	10556.1	0.3	49.9	23.0	2482.0	0.5	49.2
D	8	2882.7	2882.7	13.6	13.6	684.1	684.1	13.5	13.5
	6	2698.6	5581.3	12.7	26.3	638.2	1322.3	12.7	26.2
	4	2411.2	7992.5	11.4	37.7	591.1	1913.4	11.7	37.9
	2	2017.2	10009.7	9.6	47.3	472.3	2385.7	9.3	47.2
	10	481.2	10490.9	2.3	49.6	167.1	2552.8	3.3	50.5
	13	92.7	10583.6	0.4	50.0	20.9	2573.7	0.4	50.9

Com a finalidade de se estudar a influência de cada um dos indicadores de desempenho na determinação do CPR e do IDR, realizou-se experimentos com o TRANSIS, considerando além do caso com todos os fatores com importância média, iguais a 1/4, uma série de outros experimentos, cada qual considerando um dos indicadores de desempenho com fator de importância muito grande (igual a 1) e os demais iguais a zero. Adicionalmente, realizou-se um experimento com todos os fatores de importância nulos, o que de fato resulta na determinação do custo da rede, propriamente dito. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7:** Estudo da Influência dos Indicadores de Desempenho

Fator de Importância	Rede	Período de Pico				Período de Entre-Picos			
		CPR			IDR	CPR			IDR
		Ótimo	Péssimo	Rede		Ótimo	Péssimo	Rede	
Iguais	Simpl.	3398	114810	21139	0.84	867	20905	5055	0.79
	Atual			23766	0.82			5771	0.76
Demanda não atendida	Simpl.	1700	1550589	239356	0.85	435	102962	15000	0.86
	Atual			267983	8.83			16898	0.84
Ocupação	Simpl.	1700	59523	28405	0.54	435	15253	6308	0.60
	Atual			24454	0.61			6104	0.62
Transbordo	Simpl.	1700	11904	2549	0.92	435	3050	902	0.82
	Atual			2931	0.88			1057	0.76
Tempo	Simpl.	27546	160689	45174	0.87	6906	40285	14358	0.78
	Atual			50406	0.83			16458	0.71
Nulos	Simpl.	1700	5952	1930	0.95	435	1525	714	0.74
	Atual			2161	0.89			804	0.66

Da análise dos resultados apresentados na tabela acima, pode-se observar que a Rede Simplificada, considerando a metodologia implementada através do sistema TRANSIS, apresenta melhor desempenho do que a atual rede de linhas para todos os indicadores de desempenho, excetuando-se a ocupação.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método proposto, implementado através do sistema TRANSIS, mostrou sua utilidade na análise comparativa do desempenho de redes de transporte coletivo urbano, considerando sua aplicação no estudo do sistema de transporte da cidade de Guaratinguetá, SP. Neste estudo, para efeito de licitação, foram analisadas diversas possibilidades da divisão da rede de linhas em lotes equivalentes, tanto em relação à demanda atendida, como em relação ao Custo Penalizado da Rede (CPR).

Na continuação do desenvolvimento do TRANSIS, está-se utilizando recursos de Sistemas de Informações Geográficas com a finalidade de criar um ambiente ainda mais amigável para o usuário, facilitando a visualização dos resultados através de saídas gráficas, na forma de mapas.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP, pelas condições oferecidas através do Projeto Temático 96/04585-6 “Análise de Redes com Sistemas de Informações Geográficas – ARSIG”.

### Referências Bibliográficas

- ANTP (1997) *Transporte Humano – Cidades com Qualidade de Vida.*, Associação Nacional de Transportes Públicos, São Paulo.
- Alves, G.B. (1995) *Qualidade no Transporte Coletivo Urbano – Ônibus.* Dissertação de Mestrado em Transportes Urbanos, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, DF.
- Aragão, J.J.G. (1995) *Avaliação do Desempenho no Transporte Público e seu Incentivo: Problemas, Discussões e Experiências.* Anais do X Congresso Nacional de Transportes Públicos, ANTP, São Paulo.
- Arezki, Y.; N. Chadwich, N. e L. Willunsen (1991) *Congestions, Evaluation and Equilibrium: Some Empirical Results.* Proceedings of PTRC Summer Annual Meeting, 19, University of Sussex, England.
- Arruda, J.B.F. (1995) *Evaluation of Urban Transport Projects in Developing Countries: An Accessibility Approach.* Ph.D. Thesis. Institute for Transport Studies, University of Leeds, United Kingdom.
- Batista Jr., E.D e E.L.F. Senne (1999) *Uma Metodologia para Avaliação do Desempenho de Sistemas de Transporte Coletivo Urbano.* Relatório Técnico 01/99-DPD/FEG/UNESP, Guaratinguetá.
- Cardoso, D.D. e M.B. Pinheiro (1993) *Uma Nova Metodologia de Avaliação do Serviço de Transporte pelo Usuário.* Revista de Transportes Públicos – ANTP, 11 (44): 79-73.
- Daibert, R.M. (1985) *Avaliação do Desempenho de Transporte Coletivo por Ônibus – Série Teses 6.* GEIPOT - Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.
- Faria, C.A. e A.G.N. Novaes (1991) *Avaliação do Nível de Serviço do Transporte Coletivo Urbano: Um Enfoque Multivariado.* Anais do VI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, pp. 385-399.
- Figueiredo, A. e I.R. Gartner (1999) *Planejamento de Ações de Gestão pela Qualidade e Produtividade em Transporte Urbano.* Ed. Makron Books, São Paulo, SP.
- Ortúzar, P.H. e L.G. Willumsen (1994) *Modelling Transport.* Chichester, England, John Wiley & Sons, Chichester, England.
- Ramos, R.E.B. (1997) *Uma Estratégia de Política Regulatória para Promoção da Qualidade e da Competição no Transporte Público Urbano no Brasil.* Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro.

- Rodrigues, R.S. e E.B. Batista Jr. (1997) *Desenvolvimento de Algoritmos para o Dimensionamento de uma Rede de Linhas de Transporte Urbano de Passageiros*. Relatório Técnico 01/97-DPD/FEG/UNESP, Guaratinguetá.
- Seitz, R. (1998) *Implementação de Algoritmos para o Dimensionamento de Redes de Linhas de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros*. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil, UNESP, Campus de Guaratinguetá.
- Wright, P.H. e N.J. Ashford (1989) *Transportation Engineering: Planning and Design*. New York, NY, John Wiley & Sons, New York, USA.