

# **AVALIANDO OS BENEFÍCIOS DE INTERVENÇÕES VIÁRIAS NAS ROTAS DE TRANSPORTE COLETIVO COM O AUXÍLIO DO SIMULADOR INTEGRATION**

**Felipe Viana Bezerra Maia**

**Makey Nondas Maia**

Controle de Tráfego em Área de Fortaleza – CTAFOR

Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza – AMC

**Carlos Felipe Grangeiro Loureiro**

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes – PETRAN

Universidade Federal do Ceará - UFC

## **RESUMO**

Neste trabalho, foi utilizado o simulador de tráfego INTEGRATION com o objetivo de avaliar os benefícios da implantação de um binário de vias na área mais adensada de Fortaleza, a partir da simulação de rotas alternativas de acesso ao terminal de ônibus que se encontra próximo à região estudada, bem como analisar a sensibilidade do tempo de viagem das outras rotas de transporte coletivo que circulam pela área. A metodologia de análise contemplou a calibração e a validação da rede simulada, com base nas variáveis modeladas pelo sistema SCOOT de controle semafórico em tempo real, permitindo a utilização das medidas de desempenho geradas pela simulação computacional para a definição do cenário mais favorável aos usuários do transporte coletivo.

## **ABSTRACT**

In this paper, the traffic simulator INTEGRATION was used with the objective of evaluating the benefits of implementing a double street corridor in Fortaleza's most dense region, based on the simulation of alternative routes to access the bus terminal located close to the study area, as well as analyzing the travel time sensibility of other transit routes which passes through this region. The analysis methodology involved the calibration and validation of the simulated network, based on the variables modeled by SCOOT, a real time traffic signal control system, allowing the use of the measures of effectiveness produced by the computational simulation to establish the most favorable scenario to public transit users.

## **1. INTRODUÇÃO**

As políticas de transportes ultimamente implementadas, juntamente com o descaso dos gestores públicos, agravam cada vez mais as condições de operação observadas nos sistemas de transporte coletivo urbano do Brasil. A queda da velocidade operacional, o aumento do tempo de viagem, das tarifas e da irregularidade do atendimento são fatores que justificam a diminuição da procura deste modo de transportes nos últimos anos. Entre 1999 e 2004, houve uma redução de 16% do número de usuários do sistema de transporte coletivo em oito das maiores capitais brasileiras (NTU, 2005).

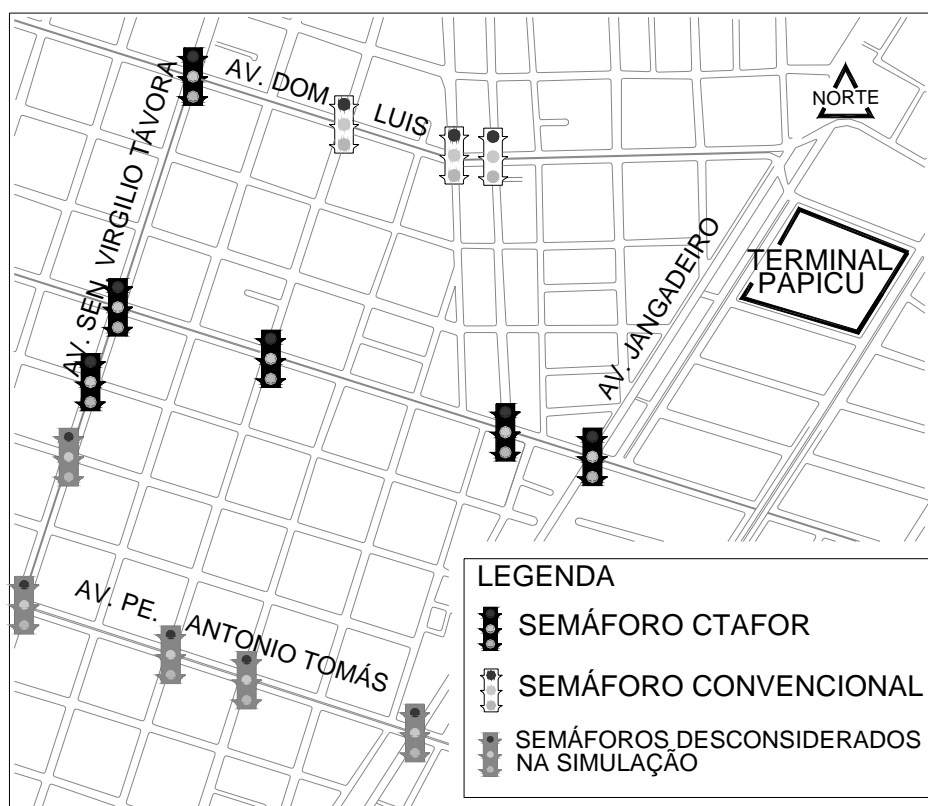
A priorização do transporte coletivo em relação ao individual é uma das formas de se potencializar a eficiência do sistema de transporte urbano. Existem diversas estratégias para realizar esta priorização, como a implementação de corredores exclusivos para ônibus, prioridade semafórica, alteração nos itinerários e quantidade de veículos de transporte coletivo, entre outras. Cada uma destas soluções causará um impacto diferente quando implementada. Desta forma, para facilitar o entendimento da realidade atual no sistema de transporte e permitir que sejam realizadas previsões acerca dos impactos de novas soluções, são utilizados modelos de simulação de tráfego. As simulações fornecem informações que possibilitam a escolha da melhor alternativa, dentre as viáveis, de uma maneira mais sólida e confiável, sem custos e impactos negativos para os usuários do sistema.

Neste trabalho foi utilizado o simulador de tráfego INTEGRATION (Rakha, 2002) com o objetivo de avaliar os benefícios da implantação de um binário na área mais adensada de

Fortaleza, a partir da simulação de rotas alternativas de acesso ao terminal de ônibus que se encontra próximo à região estudada, bem como analisar a sensibilidade do tempo de viagem das outras rotas de transporte coletivo que circulam pela área.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A região do estudo encontra-se na parte leste da cidade de Fortaleza e tem seus limites definidos por quatro grandes avenidas, como pode ser observado na Figura 1. Junto à malha viária simulada neste trabalho, encontra-se o Terminal de Ônibus do Papicu, um dos maiores da cidade de Fortaleza, que gera um grande fluxo de veículos de transporte coletivo no seu entorno. Além disso, por ser considerada uma área fortemente comercial, também existe um tráfego considerável de veículos de passeio. Nesse contexto, qualquer intervenção proposta deve ser previamente avaliada, pois os seus impactos atingirão uma parte considerável dos usuários do sistema de transportes da cidade.



**Figura 1:** Região do estudo.

A maioria dos semáforos da região é controlada pelo CTAFOR – Controle de Tráfego em Área de Fortaleza, que utiliza o modelo SCOOT (*Split, Cycle and Offset Optimisation Technique*) (TRL, 2000a). Esse sistema otimiza o tempo de ciclo, as repartições de verde e as defasagens, simulando o valor dos índices de desempenho através da análise do perfil cíclico de fluxo de cada *link*, a partir da coleta contínua de dados por meio de laços indutivos instalados no pavimento asfáltico. Esses dados são armazenados em um banco de dados chamado ASTRID (*Automatic SCOOT Traffic Information Database*) (TRL, 2000b).

## 3. METODOLOGIA

O estudo foi realizado seguindo uma metodologia previamente planejada, composta pelas etapas detalhadas a seguir.

### 3.1 Coleta de dados

O sistema ASTRID permite a consulta à base de dados modelada pelo SCOOT por meio de uma interface padronizada, na qual são definidos: o período e o horário de coleta dos dados, além das variáveis que serão coletadas, o tipo do arquivo coletado e o formato do arquivo de saída (Menezes *et al.*, 2003). Para a realização do estudo, foram coletados dados de atraso e saturação dos *links* semaforizados da rede nos meses de março e abril de 2006. Estes dados foram utilizados tanto no processo de calibração como de validação do modelo de simulação. Os dados de volume foram coletados através de pesquisas volumétricas realizadas nas interseções da região e serviram como entrada para o simulador, depois de determinada a matriz origem/destino de forma sintética através do programa QUEENSOD. Foram coletados em campo também os dados de fluxo de saturação.

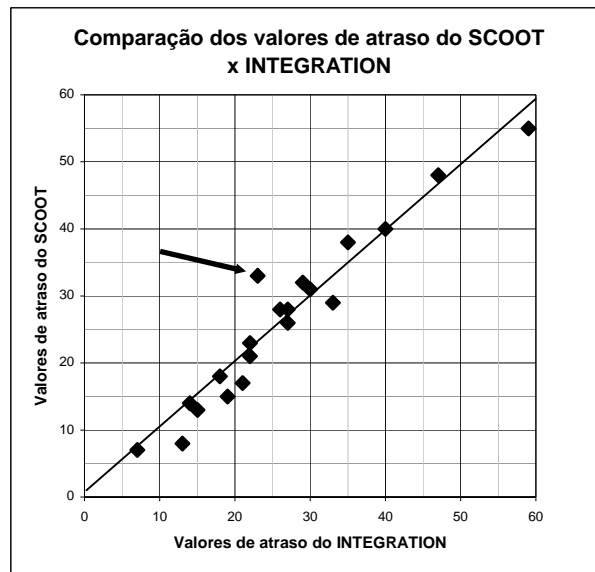
Os dados semaforizados da rede atual foram coletados através do ASTRID. Vale ressaltar que foram implementados no INTEGRATION as médias dos tempos otimizados pelo SCOOT no período de 11:30 às 12:30h, horário estabelecido para a realização das simulações. A decisão de avaliar somente o pico do meio dia decorreu de uma restrição observada nos horários de pico da manhã e da tarde. Nestes períodos, os valores da saturação de alguns cruzamentos eram superiores a 150% e os parâmetros do SCOOT só haviam sido validados no CTAFOR para saturações de no máximo 110%. Dessa maneira só foi possível calibrar e validar o modelo do INTEGRATION, baseando-se unicamente nos dados do SCOOT, no período estabelecido. Já os dados dos planos semaforizados utilizados nos cenários que simularam a implantação do binário foram obtidos após a realização de simulações no programa TRANSYT (Vicent e Mitchell, 1999).

### 3.2 Calibração e validação do modelo de simulação

O INTEGRATION foi desenvolvido como um programa de simulação e alocação de tráfego que utiliza um modelo microscópico, dinâmico e integrado. Sua principal característica é a utilização da simulação microscópica do tráfego, que reconhece os veículos como partículas, junto com a utilização da modelagem macroscópica para a alocação destes veículos na rede estudada (Rakha e Van Aerde, 1999). Os dados de entrada necessários para se realizar uma simulação no INTEGRATION devem ser codificados em arquivos de texto, nos quais são definidas as características da rede viária, bem como as características dos veículos que por ela circulam e dos dispositivos de controle, entre outros.

Após a concepção da rede no simulador, o processo de calibração dos parâmetros de entrada foi realizado de forma iterativa, executando-se o modelo e gerando novos arquivos de saída depois de cada modificação dos valores dos parâmetros. Foram alterados os valores do coeficiente de variação da velocidade, que variou entre -0,5 e 0,5; velocidade na capacidade, onde se definiram valores entre 25 e 30 km/h e densidade de congestionamento, que variou no intervalo de 86 a 150 veic/km/faixa. O principal objetivo desta modificação era aproximar o máximo possível os valores de atraso gerados pelo simulador dos valores do SCOOT. Foi estabelecido um intervalo aceitável de  $\pm 4$ s. Os resultados podem ser visualizados na Figura 2. Observa-se que na quase totalidade dos *links* da rede, os valores de atraso médio veicular simulados pelo INTEGRATION, ao final do processo de calibração, foram semelhantes àqueles modelados pelo SCOOT. Em apenas um *link* (ver destaque na Figura 2) verificou-se uma diferença nos valores de atraso maior que a aceitável, porém isto pode ser justificado levando em conta que este *link* é um limite entre duas subáreas de controle semaforizado do SCOOT. No que se refere ao processo de validação dos atrasos simulados pelo

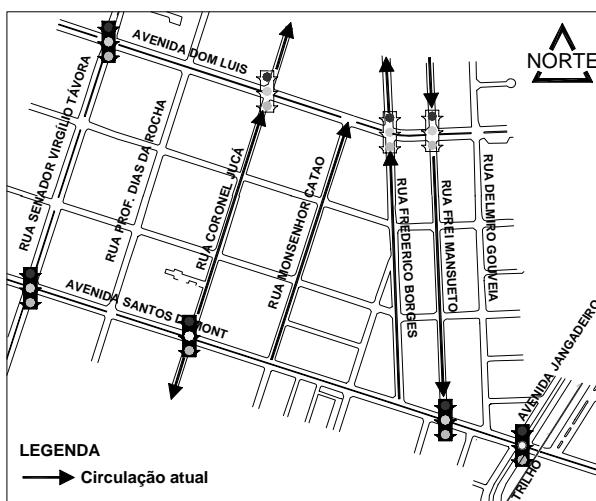
INTEGRATION, este foi realizado com uma amostra distinta da utilizada na calibração (dados referentes ao mês seguinte), tendo-se obtido resultados igualmente satisfatórios.



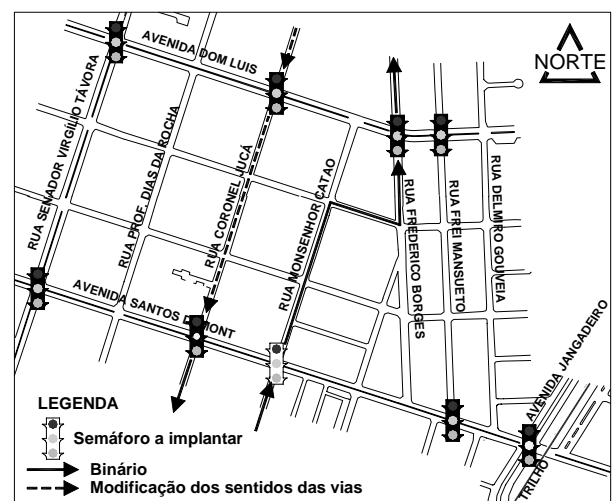
**Figura 2:** Comparação dos valores de atraso do SCOOT x INTEGRATION

### 3.3 Alteração da circulação

A motivação deste estudo foi a percepção de que as vias arteriais e coletoras da área em análise estavam operando com um baixo nível de serviço. Portanto, como primeiro passo no processo de desenvolvimento de uma solução para a problemática observada, foram realizadas reuniões com a presença de técnicos da Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza (AMC) – órgão gestor do trânsito, da Empresa Técnica de Transporte Urbano S/A (ETTUSA) – órgão gestor do transporte público, e de moradores da região, quando se identificou como melhor solução a implantação de um binário de sentido Norte/Sul – Sul/Norte entre a Av. Senador Virgílio Távora e a Av. Jangadeiro, envolvendo duas vias da área. A circulação atual e a alternativa proposta podem ser vistas na Figura 3.



**Figura 3a:** Circulação atual.



**Figura 3b:** Circulação proposta.

Na alternativa proposta, será alterado o sentido de circulação da Rua Coronel Jucá, que atualmente opera em sentidos contrários, afastando-se da interseção com a Av. Santos Dumont, ou seja, nesse cruzamento, as aproximações existentes são apenas as duas desta avenida. O semáforo desta interseção tem dois estágios, sendo um para cada aproximação, o que possibilita a realização de qualquer movimento quando o semáforo está aberto. Contudo, este semáforo não é coordenado com os demais da avenida, devido à sua configuração de estágios diferenciada que exige ciclos elevados. A nova circulação terá, compondo o binário, a Rua Coronel Jucá, possibilitando o deslocamento dos veículos no sentido Norte/Sul, e a Rua Monsenhor Catão, no sentido inverso. Para tanto, será também implantado um semáforo no cruzamento desta última via com a Av. Santos Dumont, para permitir que os condutores possam cruzar esta avenida no sentido Sul/Norte sem a necessidade de desviar sua rota.

Os principais objetivos desta modificação são:

- Diminuir o fluxo de veículos na Av. Senador Virgílio Távora, pois uma parte dos veículos que a utilizam no sentido Sul/Norte, agora o fariam diretamente pela Rua Monsenhor Catão;
- Melhorar o tráfego no corredor da Av. Santos Dumont, promovendo a coordenação do semáforo da Rua Coronel Jucá com os demais semáforos da avenida;
- Diminuir o fluxo na Rua Frei Mansueto, possibilitando os veículos que hoje utilizam exclusivamente esta via para deslocamento no sentido Norte/Sul, utilizarem também a rua Coronel Jucá;
- Aumentar a mobilidade e acessibilidade na região.

### 3.4 Definição dos cenários de rotas de ônibus a serem avaliados

Os cenários a serem avaliados foram definidos juntamente com os técnicos da AMC e da ETTUSA, responsáveis pela gerência do trânsito e transporte na cidade de Fortaleza. Foram definidos quatro cenários, dois sem a implementação da alteração proposta e dois simulando a sua implantação. Em cada cenário eram alteradas as rotas dos ônibus que tinham como destino o terminal e era avaliado o tempo de viagem destes mesmos veículos. Além desta variável, foram analisados os valores da velocidade média na rede em cada cenário e os valores dos tempos de viagem para todas as outras rotas de transporte coletivo que circulam por esta parte do sistema.

A descrição dos cenários avaliados é detalhada a seguir e ilustrada nos mapas da Figura 4.

- **Cenário 1:** Cenário atual, todos os veículos de transporte coletivo que se dirigem ao terminal pela Av. Santos Dumont dobram na Rua Coronel Jucá e seguem pela Av. Dom Luis até o Terminal do Papicu;
- **Cenário 2:** Os veículos fariam o laço de quadra na Rua Professor Dias da Rocha e Desembargador Leite Albuquerque, seguindo na Av. Senador Virgílio Távora e depois pela Av. Dom Luis até o terminal;
- **Cenário 3:** Já simulando a implementação do binário, os ônibus viriam pela Av. Santos Dumont, fariam a conversão na Rua Professor Dias da Rocha, passando em seguida pela Rua Eduardo Garcia até a Rua Monsenhor Catão, onde seguiriam até a Av. Dom Luis para ir ao terminal;
- **Cenário 4:** Esse cenário é bastante parecido com o cenário 3, porém os veículos a se deslocarem pela Av. Santos Dumont converteriam à direita na Rua Coronel Jucá, onde encontrariam um semáforo a mais, seguindo então pela Rua Eduardo Garcia, onde dobrariam na Rua Monsenhor Catão e seguiriam até a Av. Dom Luis, por onde se dirigiriam finalmente até o terminal.



A configuração dos quatro cenários a serem avaliados está representada na Figura 4.

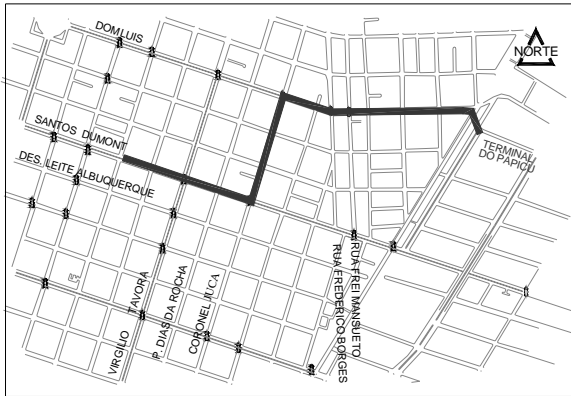


Figura 4a: Cenário 01

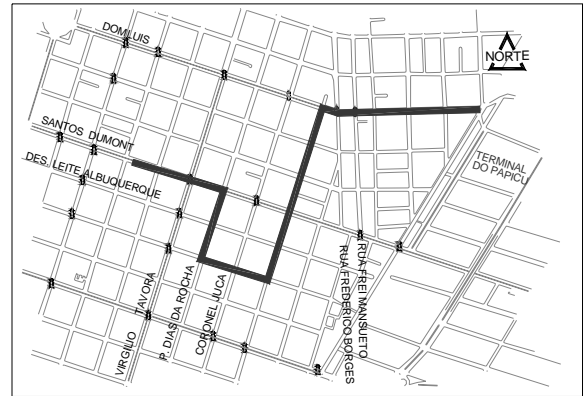


Figura 4c: Cenário 03

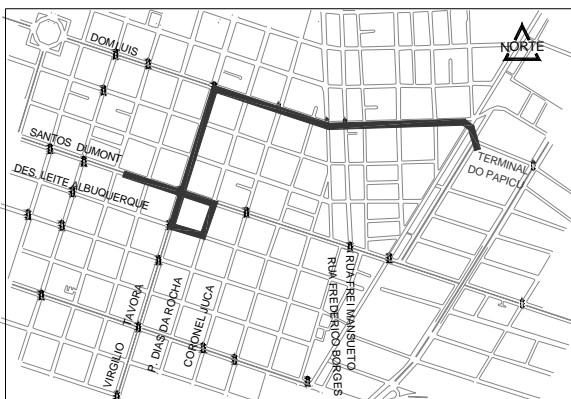


Figura 4b: Cenário 02

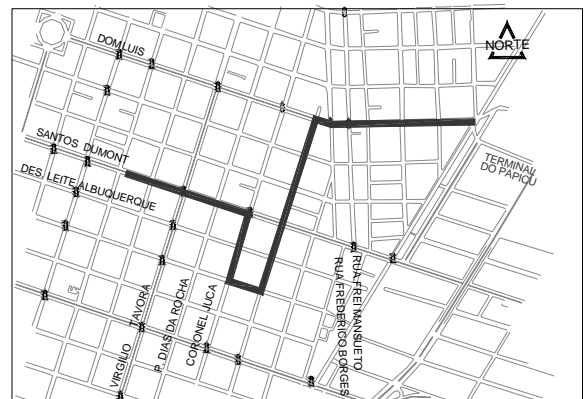


Figura 4d: Cenário 04

As rotas de ônibus que não tiveram a simulação de alteração do seu trajeto para realização do estudo, mas também tiveram o seu tempo de viagem analisado estão expostas na Figura 5. São de sentido Leste/Oeste e Oeste/Leste passando pela Av. Santos Dumont (Rotas 1 e 2), as linhas que vão para o terminal pela Av. Dom Luís (Rota 4), e as linhas que saem do terminal pela Av. Santos Dumont, dobrando na Rua Frederico Borges e seguindo pela Av. Dom Luís no sentido Leste/Oeste (Rota 3).

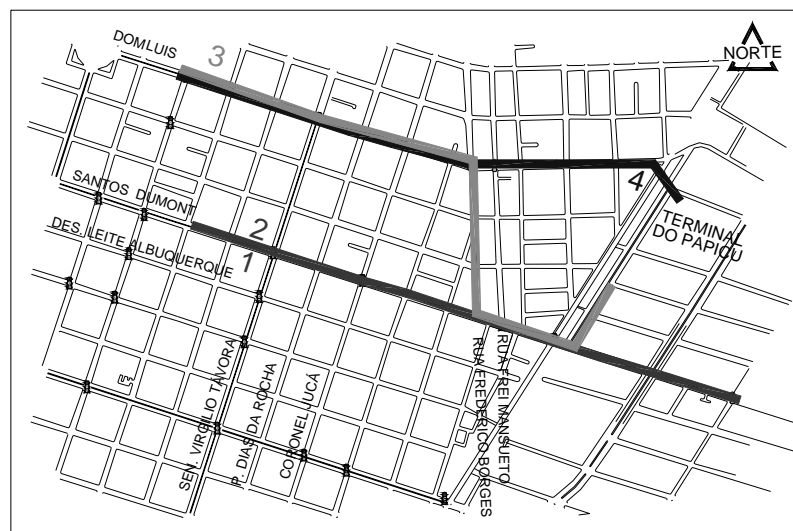


Figura 5: Rotas inalteradas com tempo de viagem analisado.

#### 4. COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS

Após a caracterização da realidade atual, com a conclusão do processo de calibração e validação do modelo de simulação, e a definição dos cenários que seriam estudados, foi realizada a inserção dos dados de cada cenário no INTEGRATION. Em seguida, após a realização das simulações, coletaram-se os tempos de viagem do transporte coletivo e os valores da velocidade média na rede, que podem ser visualizados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Comparação dos tempos de viagem entre os cenários.

Tempo de viagem do transporte coletivo (segundos)						
	Rota principal	Rota 1	Rota 2	Rota 3	Rota 4	Velocidade Média (km/h)
Cenário 1	230	186	195	209	145	23
Cenário 2	333	186	195	209	145	23
Cenário 3	236	154	182	190	153	25
Cenário 4	247	154	182	190	153	25

A rota principal é a que se dirige ao terminal pela Av. Santos Dumont e teve seu trajeto alterado durante a realização das simulações.

#### 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O primeiro índice avaliado foi o tempo de viagem das rotas principais dos cenários propostos. Após a realização da análise estatística não foi possível se diferenciar os tempos de viagem dos Cenários 1, 3 e 4, sendo verificado apenas no Cenário 2 um valor extremamente superior aos demais.

Vale ressaltar que, mesmo os trajetos propostos com a implementação do binário (Cenários 3 e 4) apresentando uma extensão maior, foram encontrados tempos iguais entre eles e o cenário da situação atual. Uma observação que também deve ser destacada é que o Cenário 3 onde os ônibus não passam pelo semáforo com a Rua Coronel Jucá não pôde ser considerado diferente do Cenário 4, no qual os ônibus teriam que passar pelo semáforo. Isso mostra que quando a coordenação semafórica é bem realizada, diminui-se bastante o atraso para os veículos.

Dentre as outras rotas analisadas, a Rota 1 se destacou com a redução do tempo de viagem para os veículos do transporte coletivo. O principal motivo foi a mudança de operação do semáforo na interseção entre a Av. Santos Dumont e a Rua Coronel Jucá, o que permitiu a coordenação e, conseqüentemente, uma maior fluidez para os veículos que se deslocam por este corredor.

Nas Rotas 2 e 3 houve uma leve diminuição na média dos tempos de viagem, mas, após a análise estatística, considerou-se que não houve mudança significativa deste parâmetro. Isso se explica porque, com a implantação do binário, optou-se por beneficiar a progressão do sentido Oeste/Leste da Av. Santos Dumont, o qual apresenta maior volume de tráfego. Por isso a progressão no sentido contrário ficou um pouco prejudicada. Porém, vale lembrar que mesmo com este detalhe os tempos de viagem foram considerados iguais com e sem o binário.

Na Rota 4 os valores do tempo de viagem foram considerados iguais em todos os cenários, mostrando que os tempos de viagem dos veículos desta rota não sofrerão influência considerável após a implantação do binário.

Como pode ser observado na Tabela 1, a velocidade média na rede (para todos os veículos) foi 8% maior no cenário com a implementação do binário. Deste resultado podemos considerar que o binário proporcionará um ganho integral de mobilidade para todos os veículos que circulam na área estudada, aumentando também a acessibilidade da região.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo buscou-se, através da simulação de tráfego, avaliar o desempenho de uma solução proposta para uma região do sistema viário de Fortaleza, medindo seus impactos em relação ao transporte coletivo. Os resultados encontrados mostraram que a implantação do binário proporcionará ganhos consideráveis, não só em relação ao transporte coletivo, mas também para os veículos particulares e para a circulação geral da área que se tornou mais fácil e rápida.

Como foi destacado no decorrer do trabalho, o estudo foi realizado apenas para períodos com graus de saturação das vias de no máximo 110%. Recomenda-se, portanto, a realização de pesquisas similares coletando dados e realizando a validação do modelo para períodos em que a saturação seja superior a que foi considerada no presente estudo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Autarquia Municipal de Trânsito, Cidadania e Serviços Públicos de Fortaleza (AMC) pela cooperação em todas as etapas do estudo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Menezes, H. B., Carvalho, L. E. X., Loureiro, C. F. G. (2003) Transcoot: Uma Interface Lógica para Modelar e Georeferenciar Dados Dinâmicos do Tráfego Urbano. Anais do XVII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, Rio de Janeiro.
- NTU (2005) *Desempenho operacional do sistema de transporte urbano* Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, Relatório Técnico.
- Rakha, H. (2002) *INTEGRATION Release 2.30 for Windows: User's Guide*. Vol.I e II. Michel Van Aerde and Associates, Ltd. Kingston, Ontario, Canada.
- TRL (2000a) SCOOT 0414 – Description of SCOOT – Executive Summary. SCOOT Traffic Handbook. Transportation Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire, Inglaterra.
- TRL (2000b) SCOOT 7730 – ASTRID Operator Manual – Executive Summary. SCOOT Traffic Handbook. Transportation Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire, Inglaterra.
- Van Aerde, M. e Rakha, H. A. (1999), A Comparison of The Simulation Modules of The Transyt and Integration Models. Transportation Research Board Annual Meeting.
- Vicent, R. A., Mitchell, A. ID.I. (1999) User Guide to TRANSYT Version 10, Ministry of Transport, Crowthorne.

---

Universidade Federal do Ceará  
Departamento de engenharia de Transportes  
Campus do Pici – Centro de Tecnologia – Bloco 703  
60.455-760 – Fortaleza – CE

Fone/Fax: (85)3366-9488  
E-mail: felipe@det.ufc.br

Controle de Tráfego em Área de Fortaleza  
Av. Borges de Melo, 1677

Fone: (0xx85) 34885737  
Fax: (0xx85) 34885736  
E-mail: felipe.viana@amc.fortaleza.ce.gov.br  
makey.nondas@amc.fortaleza.ce.gov.br