



## **AValiação DO DESEMPENHO OPERACIONAL EM PERÍODOS DE PICO DO CONTROLE SEMAFÓRICO EM TEMPO REAL NOS CORREDORES ARTERIAIS DE FORTALEZA**

**Waldemiro de Aquino Pereira Neto**

**Francisco Moraes de Oliveira Neto**

Sistema Centralizado de Controle de Tráfego 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**

Este trabalho tem como objetivo principal analisar os ganhos de desempenho operacional, em períodos de pico, resultantes da implantação do controle centralizado em tempo real do tráfego nos corredores arteriais de Fortaleza (CTAFOR). Especificamente, foram avaliados os ganhos de velocidade média por sentido de tráfego, comparando estatisticamente cenários antes e depois da implantação do sistema CTAFOR. Um subproduto desta avaliação foi a caracterização operacional dos corredores em níveis de serviço estabelecidos com base nas velocidades e tempos médios de percurso. O trabalho discute ainda a utilização eficiente dos recursos operacionais do sistema SCOOT para a priorização do tráfego em corredores arteriais.

### **ABSTRACT**

The main purpose of this paper is to analyze the operational benefits, during peak periods, resulting from the implementation of a centralized real-time signal control in Fortaleza's arterial corridors (CTAFOR). Specifically, this work evaluated the increases in the corridors' observed space mean speeds, comparing, by means of inferential statistical analyses, the before- and after-CTAFOR scenarios. Another important outcome of this study was the corridors' operational characterization through levels of service defined based on mean speeds and travel times. This work also discusses the effective usage of SCOOT's operational resources to give priority to the traffic moving along arterial corridors.

### **1. INTRODUÇÃO**

Em agosto de 2000, o município de Fortaleza iniciou a implantação de um sistema centralizado de controle de tráfego, denominado CTAFOR (Loureiro et al., 2002a). Esta iniciativa surgiu como uma tentativa de superar problemas operacionais existentes no sistema de tráfego, advindos principalmente do acentuado crescimento populacional, do adensamento urbano e de alterações no uso do solo. A implantação desta tecnologia foi justificada com a perspectiva de trazer benefícios como a maximização da capacidade da malha viária, a redução de atrasos e paradas dos veículos, proporcionando assim uma diminuição nos tempos de viagem.

Diante deste fato, este trabalho tem como objetivo apresentar uma análise dos benefícios operacionais obtidos com a implantação do CTAFOR, relacionados à operação do tráfego nos principais corredores arteriais da área controlada pelo sistema, nos seus períodos de pico. Tais benefícios foram estimados a partir da comparação de dados de velocidade média e volumes de tráfego, levantados em campo, observados nos corredores nos cenários antes e depois da implantação do CTAFOR. Antes, porém, é feita uma revisão dos recursos operacionais do sistema de controle semafórico do CTAFOR, de modo a facilitar a compreensão do esforço de otimização da programação dos corredores empreendidos pelo corpo técnico. Vale destacar que a avaliação do desempenho operacional dos corredores vem sendo realizada periodicamente, desde a implantação do sistema, de modo a possibilitar um ajuste fino dos seus parâmetros e, conseqüentemente, um maior retorno dos investimentos realizados.



## 2. O SISTEMA *SCOOT*

Para o controle semafórico em tempo real, o CTAFOR utiliza o sistema *Split Cycle Optimization Offset Time – SCOOT* (TRL, 2000a), um *software* que promove a otimização dos planos semafóricos a serem implementados em campo, em tempo real. Esta otimização é alcançada através do ajuste dos tempos semafóricos (partição de verde, comprimento do ciclo e defasagem) a partir de dados de tráfego coletados em campo. Estes dados são armazenados em um banco de dados denominado de *ASTRID (Automatic SCOOT Traffic Information Database)* (TRL, 2000b). Estas informações armazenadas são utilizadas tanto para análises de todo o sistema como para a utilização pelo *SCOOT* caso o sistema de detecção entre em falha.

Os dados coletados em campo são modelados pelo *SCOOT*, que estima o tamanho da fila de veículos em todas as retenções semafóricas controladas pelo sistema. Com isso, é calculado um valor médio do somatório das filas para a determinação da medida de ineficiência do movimento do tráfego, denominada de *Performance Index (PI)*. O modelo *SCOOT* prevê ainda o número de veículos parados em cada *link* (trecho da via que se inicia no laço detector e termina na linha de retenção), sendo este número acrescido às filas médias na determinação do *PI*. Outra importante medida utilizada é o grau de saturação de cada aproximação (relação entre a demanda de tráfego e a capacidade de atendimento de uma aproximação). Loureiro *et al.* (2002b) apresentam com maiores detalhes a modelagem do *SCOOT*, de forma que esta revisão se aterá aos parâmetros existentes para a otimização de progressões, utilizados para a priorização dos corredores de tráfego.

### 2.1. Parâmetros disponíveis para a otimização de corredores

O sistema *SCOOT* permite que seja adotado um gerenciamento do tráfego de forma a priorizar *links* mais carregados. Este recurso é normalmente utilizado em *links* de corredores arteriais nos períodos de pico. Uma forma de priorizar estes corredores consiste em alterar parâmetros para a otimização das frações de verde. No *SCOOT*, a partição de verde procura manter iguais as saturações de todos os *links* de um determinado nó. Entretanto, a partir da alteração dos parâmetros *Split Weighting Multiplier (SPWM)* e *Split Weighting Saturation (SPWS)*, é possível estabelecer uma maior ou menor priorização dos *links* (TRL, 2000a). A utilização deste recurso permite que seja fornecida uma maior parcela do tempo de verde para os *links* de um corredor, favorecendo a obtenção de melhores defasagens.

O parâmetro *SPWM* determina a intensidade na qual a saturação de um determinado link será desfavorecida. Este parâmetro pode ser definido entre os valores 0 (situação em que o *SCOOT* procurará estabelecer saturações iguais para todos os links) e 31, correspondendo ao máximo desequilíbrio entre as saturações dos *links*. O parâmetro *SPWS* estabelece o valor de saturação no *link* penalizado que o *SCOOT* irá considerar como limite para reestabelecer a condição de equilíbrio entre as saturações dos *links* do nó.

No caso de progressões em corredores, o *SCOOT* normalmente não utiliza limitações para o cálculo das defasagens; porém, em alguns casos, principalmente em *links* curtos, pode-se desejar uma defasagem fixa ou mesmo com pequena variação. Isto é obtido atribuindo um valor ao parâmetro *Link Bias*. Este valor varia entre 0 e 127, sendo o valor 0 a situação de total liberdade para que o sistema faça variar as defasagens e 127 o valor que irá fixá-las ao máximo. Este valor será aplicado ao valor *Default* da defasagem (*DEFO*) que determina a defasagem fixa ou o ponto central em torno do qual o otimizador poderá variar a defasagem.



Outro recurso disponível no *SCOOT* para a priorização de *links* pode ser utilizado em situações de congestionamento. O parâmetro *Congestion Importance Fator (CGIF)* é definido para cada *link* e reflete a importância que deve ser dedicada à ocorrência de congestionamento no *link*. A faixa de valores possíveis para *CGIF* é de 0 a 7. O comportamento do sistema será o de tentar dar mais tempo de verde para o *link* que tiver o valor de *CGIF* mais alto (Ming, 1997), permitindo priorizar os *links* que compõem o corredor.

### 3. EXPERIÊNCIAS DE AVALIAÇÃO DE CORREDORES DE TRÁFEGO

A cidade de São Paulo foi pioneira na implantação de um sistema de controle de tráfego em tempo real, abrangendo em torno de 1500 cruzamentos. Para avaliar os ganhos obtidos com a implantação deste sistema, a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET/SP) realizou pesquisas em dois momentos distintos, um pouco antes da implantação do sistema e outro logo após sua implementação. Para este estudo, foram escolhidos três corredores de tráfego. Os resultados obtidos revelaram um considerável ganho nos corredores, na ordem de 15 a 20% (Mazzamatti *et al.*, 1998). Além deste, não há referências de outros estudos semelhantes no Brasil, o que tem dificultado a realização de análises de viabilidade técnico-econômica de sistemas CTA que considerem a realidade operacional das malhas viárias das grandes cidades brasileiras.

Na tentativa de estimar os benefícios a serem alcançados com a implantação de um sistema CTA de tempo fixo ou adaptativo, a Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS) desenvolveu um estudo de viabilidade com base em percentuais médios de redução de atraso e aumento de velocidade nos corredores, considerando um horizonte de dez anos. A metodologia utilizada consistiu em analisar 168 cruzamentos, agregados em 15 conjuntos de acordo com suas semelhanças e proximidade física. A partir de pesquisas de velocidade e retardamento foram encontrados valores de atraso para cada rota percorrida, sendo determinado um valor de atraso por semáforo para cada conjunto. Para as transversais não percorridas adotou-se o mesmo atraso médio do eixo principal. Foram realizadas também pesquisas volumétricas, chegando-se então a um valor de atraso diário para cada conjunto. Adotou-se uma redução de 10% com a utilização do sistema de tempo fixo, de acordo com a experiência observada na cidade de São Paulo com a implantação do Sistema SEMCO. Para o sistema de tempo real, foram observadas experiências internacionais que apontaram para um ganho médio da ordem de 18% quando da substituição da estratégia de tempo fixo para o tempo real. Para o caso de Belo Horizonte, onde os planos de tempo fixo encontravam-se desatualizados, estimou-se um ganho superior, na ordem de 26,5% (BHTRANS, 1996).

Em se tratando de estudos não empíricos, Abdel-Rahim (1999) avaliou os benefícios de estratégias de controle semafórico, entre elas o controle adaptativo em corredores urbanos, por meio de simulação. Com a utilização do *software* CORSIM, foram estudadas as variáveis tempo de viagem nos corredores e atraso nas interseções. A análise comparativa entre o controle semafórico em tempo fixo e em tempo real revelou uma melhora nos tempos de viagem na ordem de 3,87%. Foi verificado ainda que no controle adaptativo, quando da priorização dos corredores, a alocação de parte do verde das vias secundárias para a principal resultou em um atraso total da interseção menor que quando operando em tempo fixo.

### 4. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DOS CORREDORES

O controle semafórico de Fortaleza anterior à implantação do CTAFOR consistia em sua



maioria na utilização de equipamentos eletro-mecânicos com apenas um plano semafórico, alguns deles operando de forma sincronizada, mas a maioria sem qualquer coordenação. Existiam também alguns poucos controladores eletrônicos (menos de 10%), permitindo a utilização de até quatro planos de tempo fixo, mas que na grande maioria operavam com uma programação desatualizada. Para a avaliação dos benefícios alcançados com a implantação do CTAFOR, foi estabelecido que os dados não seriam coletados imediatamente após a mudança para o sistema em tempo real. Desta forma as pesquisas foram realizadas, segundo o cronograma de implantação cumprido pelo CTAFOR, após um período que variou de cinco meses a um ano após a entrada dos corredores em tempo real. Este prazo foi adotado para assegurar que melhorias no desempenho dos corredores tenham sido percebidas pelos usuários, com o tráfego já tendo se acomodado às alterações nos níveis de serviço resultantes da operação do SCOOT.

Outro aspecto considerado neste estudo foi a influência do volume de tráfego existente nas vias transversais e a sua correlação com o desempenho nos corredores. Como o *SCOOT* considera o fluxo nas transversais para a repartição do verde, tal informação não poderia ser desconsiderada nesta análise.

#### **4.1. Cenários avaliados**

Na avaliação do desempenho operacional do SCOOT nos períodos de pico (manhã, meio-dia e tarde), foram pesquisados dez corredores de tráfego, escolhidos segundo os maiores volumes veiculares e atendendo a condição de possuir todos os semáforos operando em tempo real. O cenário pré-implantação do CTAFOR foi caracterizado com base em levantamentos de campo realizados em abril/maio de 1997, durante a etapa de estudos do Projeto CTAFOR (ASTEF, 1998). Já o cenário pós-implantação foi constituído a partir de levantamentos realizados em dois períodos: abril/maio e outubro/novembro de 2002. Neste cenário, as primeiras pesquisas de velocidade tiveram como objetivo a identificação das mudanças operacionais e dos ajustes dos parâmetros do sistema *SCOOT* necessárias para melhorar o desempenho operacional dos corredores. As pesquisas posteriores foram realizadas para avaliar os benefícios da operação em tempo real do sistema *SCOOT*, após o ajuste fino da programação nos corredores arteriais.

#### **4.2. Coleta de dados**

Os dados analisados em ambos os cenários foram obtidos em pesquisas de tempo de percurso e retardamentos, realizadas segundo o *método do veículo teste médio*. Este método consiste em percorrer a rota em um veículo, numa velocidade que, segundo o condutor, é a velocidade média da corrente de tráfego. Foram utilizados cronômetros para registrar os instantes de passagem em cada seção de controle (pontos pré-definidos) e os tempos de retardamentos em cada trecho da rota. Para as pesquisas de 2002, o processo de coleta dos dados foi automatizado com a utilização de *palmtops* (computadores de mão), sendo desenvolvida uma rotina na linguagem de programação *PocketC*. Desta forma foi possível reduzir o número de pesquisadores, elevar a precisão das medições e eliminar a etapa de tabulação de dados. Para os dois cenários, foram também realizadas contagens volumétricas manuais do tráfego ao longo do corredor e nas aproximações das vias transversais.

#### **4.3. Ajuste Fino dos Parâmetros SCOOT**

Durante o período inicial de operação do CTAFOR, devido à grande flexibilidade de recursos disponíveis no sistema *SCOOT*, havia receio por parte dos técnicos de qual recurso utilizar e



onde aplicar determinado tipo de intervenção operacional. As subáreas de controle, por exemplo, devido ao limitado conhecimento inicial do sistema, foram estrategicamente definidas em grupos de controle pequenos com no máximo seis cruzamentos.

Dentre os ajustes necessários após a realização das primeiras pesquisas de velocidade pode ser destacado: (i) a agregação das subáreas em grupos maiores de controle para proporcionar uma melhor progressão semafórica nos corredores, formando-se áreas com até 56 cruzamentos controlados; (ii) o ajuste dos parâmetros de ciclos mínimos e máximos das subáreas com intuito de aumentar a capacidade operacional dos corredores; (iii) a utilização dos parâmetros de progressão *Link Bias* para limitar a variação das defasagens entre os semáforos, objetivando garantir a progressão semafórica ao longo dos corredores; (iv) a redução da capacidade operacional com uso dos parâmetros *SPWM* e *SPWS* em vias transversais com capacidade reserva, visando priorizar o tráfego mais intenso de passagem nos corredores; e (v) o ajuste dos parâmetros de congestionamento *CGIF*. Todos os ajustes finos realizados após as primeiras pesquisas de velocidade partiram do pressuposto que os parâmetros básicos do modelo de tráfego *SCOOT*, descritos em Loureiro *et al.* (2002), foram devidamente validados.

## 5. ANÁLISE DO NÍVEL DE SERVIÇO DOS CORREDORES DE TRÁFEGO

Com a finalidade de facilitar a caracterização dos corredores e a análise dos dados levantados, foi estabelecida uma classificação para os níveis de serviço observados nos corredores, segundo as velocidades médias levantadas, de acordo com seis grupos semânticos (em km/h):

- a) Péssimo:  $\bar{v} < 15,0$
- b) Ruim:  $15,0 \leq \bar{v} < 18,5$
- c) Regular:  $18,5 \leq \bar{v} < 24,0$
- d) Bom:  $24,0 \leq \bar{v} < 34,0$
- e) Excelente:  $34,0 \leq \bar{v}$

A amplitude destas classes de velocidade foi definida em função da variável tempo de viagem. A partir do nível de velocidade de 15 km/h, considerado como péssimo, foram definidas as demais classes, cada uma delas acrescentando um ganho no tempo de viagem na ordem 1,5 minuto (cerca de 25% do tempo de viagem médio nos corredores). Este tempo foi obtido considerando a extensão média dos corredores estudados, de 2 km. A determinação das classes em função do tempo de viagem se constitui numa vantagem visto que o usuário tem uma percepção mais apurada desta variável.

Nos dez corredores pesquisados foram encontradas velocidades médias globais de 23 km/h nos picos manhã e meio dia e de 20 km/h no pico da tarde. De acordo com a classificação proposta, estes valores correspondem ao nível de serviço “REGULAR”; nível mais frequente em cada pico pesquisado, por sentido (50% no pico da manhã, 71% no pico do meio-dia e 43% no pico da tarde). Desta forma, os níveis “REGULAR”, “BOM” e “EXCELENTE” foram definidos como níveis satisfatórios de velocidade, isto é, com prioridade baixa para intervenções. Já os corredores classificados como “RUIM” e “PÉSSIMO” merecem maior atenção, sinalizando muitas vezes para a necessidade de intervenções mais profundas, não se limitando apenas a alterações nos parâmetros do *SCOOT*. Dentre os corredores estudados, nenhum foi classificado como “PÉSSIMO” e apenas o corredor da Costa Barros foi considerado “EXCELENTE”. Este corredor deve ser considerado a parte, uma vez que se



constitui num corredor de sentido único, com poucos semáforos e sem muita interferência de uso do solo, situação diferente dos demais corredores.

## **6. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL DO TEMPO REAL**

Para avaliação dos benefícios operacionais da implantação do tempo real foram comparados os dois cenários: “sem CTAFOR” e “com CTAFOR”, sendo realizados testes estatísticos unilaterais para a hipótese alternativa de que as velocidades médias nos corredores sob a operação em tempo real são maiores em pelo menos um dos sentidos de tráfego. A normalidade da variável “velocidade média” foi verificada a partir de novas pesquisas de campo, realizadas no corredor arterial Pontes Vieira em abril de 2003, com amostras superiores a 30 observações em todos os três picos.

Com o intuito de avaliar o efeito da variação dos volumes veiculares nos corredores sobre suas velocidades operacionais, foi testada a hipótese de que os volumes em 2002 eram maiores que os observados em 1997, em pelo menos um dos sentidos de tráfego. Como a operação em tempo real é também afetada pelo fluxo de veículos nas vias transversais, foi também verificada a hipótese de que o tráfego nas secundárias tenha se intensificado. Os dados de volume veicular foram coletados para cada aproximação semafórica, num único dia típico, para cada período de pico, assumindo o resultado encontrado como uma estimativa da média amostral do volume em cada período. A variância do volume de tráfego nos locais pesquisados foi estimada analisando os dados de fluxo veicular coletados no ASTRID para os dias típicos de março e abril de 2003; assumiu-se, portanto, que em 1997 e 2002 o tráfego apresentava a mesma variância. Assim, foi possível realizar os testes estatísticos unilaterais considerando as hipóteses de acréscimos nos volumes dos corredores e das transversais.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos testes estatísticos e de classificação quanto ao nível de serviço por sentido de tráfego dos corredores para o pico da manhã. Um resultado “Ho Rejeitada” na tabela mostra que houve variação significativa e a hipótese alternativa foi confirmada no nível de 5%. As variâncias foram comparadas adotando um nível de significância de 10%. Os corredores listados, com exceção dos corredores Costa Barros, Antônio Sales, Padre Valdevino e Santos Dumont 1 – são vias arteriais de sentido duplo de tráfego, duas faixas por sentido e com separação física por canteiro central. Os demais são corredores de sentido único, que com exceção do corredor Padre Valdevino, apresentaram os melhores níveis de velocidade nos três picos pesquisados em 2002.

### **6.1. Corredores com ganho de velocidade em pelo menos um dos sentidos de tráfego**

Neste grupo estão os corredores onde ocorreram variações positivas nos níveis de serviço, em pelo menos um dos sentidos de tráfego. Os corredores Pontes Viera 2 e Costa Barros estão neste grupo, apresentando melhora de desempenho considerável nos três picos. Os resultados dos testes estatísticos indicaram uma tendência de ganhos significativos de velocidade nos sentidos mais carregados e que não sofreram acréscimos significativos de volume de tráfego. Observou-se também que dentre os sentidos menos carregados, aqueles que apresentaram acréscimos significativos nos volumes com relação ao cenário “sem CTAFOR”, obtiveram desempenho positivo.

**Tabela 1:** Níveis de serviço e resultados dos testes estatísticos para o pico da manhã

Descrição do corredor / sentido de tráfego.	Níveis de Velocidade Média “sem CTAFOR” ( $v_s$ )	Níveis de Velocidade Média “com CTAFOR” ( $v_c$ )	Teste de Médias ( $H_0: v_c \leq v_s$ )	Teste de Variância ( $H_0: S_c^2 \geq S_s^2$ )	Volumes de Tráfego ( $H_0: Vol_c \leq Vol_s$ )	
					Corredor	Transversais
Pontes Vieira 1 - O/L	REGULAR	REGULAR	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita
Pontes Vieira 1 - L/O	PÉSSIMO	RUIM	Ho Rejeitada	Ho Aceita	Ho Aceita	
Pontes Vieira 2 - O/L	RUIM	REGULAR	Ho Rejeitada	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Rejeitada
Pontes Vieira 2 - L/O	REGULAR	BOM	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita	
Santos Dumont 1 - O/L	BOM	BOM	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Rejeitada
Costa Barros - L/O	BOM	EXCELENTE	Ho Rejeitada	Ho Aceita	Ho Aceita	
Barão de Studart - S/N	REGULAR	REGULAR	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita
Barão de Studart - N/S	REGULAR	REGULAR	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita	
Des. Moreira - S/N	REGULAR	REGULAR	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita
Des. Moreira - N/S	REGULAR	REGULAR	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita	
Santos Dumont 2 - O/L	REGULAR	BOM	Ho Rejeitada	Ho Aceita	Ho Rejeitada	Ho Rejeitada
Santos Dumont 2 - L/O	REGULAR	REGULAR	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita	
Ant. Sales - O/L	BOM	BOM	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Aceita	Ho Rejeitada
Pe. Valdevino - L/O	REGULAR	REGULAR	Ho Aceita	Ho Rejeitada	Ho Aceita	

Alguns dos corredores deste grupo apresentaram ainda uma elevação dos volumes das vias transversais, sem todavia resultar em uma piora no desempenho do corredor. Uma justificativa para este fato é que o acréscimo de volume nas transversais não superou a capacidade das aproximações. Outra razão foi a utilização dos parâmetros do *SCOOT* (*SPWS*, *SPWM* e *CGIF*) na priorização do corredor, que levou a uma maior saturação nas vias secundárias, mas beneficiou o desempenho do corredor.

## 6.2. Corredores onde não houve evidências de ganho de velocidade

Neste grupo estão os corredores que, em cada pico pesquisado, não sofreram mudanças positivas nas classes de níveis de serviço. Uma hipótese para explicar este fato consiste em elevações representativas nos volume de tráfego. Isto pode ser constatado nos três picos dos corredores Antônio Sales e Padre Valdevino. Estes corredores interceptam outras vias arteriais, que também operam em tempo real. Assim, nos pontos de interseção, a otimização dos tempos semafóricos pelo *SCOOT*, principalmente das defasagens, sofre interferências do fluxo transversal prejudicando a progressão e reduzindo a capacidade em alguns cruzamentos. Além disso, houve nos últimos anos um acréscimo significativo no número de semáforos nestes corredores, de aproximadamente 50% na Padre Valdevino e 40% na Antônio Sales.

Para os demais corredores deste grupo, a inexistência de ganho operacional precisou de uma análise mais minuciosa. A principal justificativa encontrada para estes resultados foram as alterações no uso do solo lindeiro destes corredores. Áreas que em 1997 eram basicamente residenciais se transformaram em áreas de intensa atividade comercial e de serviços (entorno da Santos Dumont 1). Mesmo áreas que se configuravam como comerciais em 1997, sofreram um maior adensamento com o fenômeno da verticalização das edificações e da implantação de empreendimentos como bancos e *shoppings* (entorno da Santos Dumont 2 e Desembargador Moreira). Em alguns locais, devido ao conseqüente aumento no movimento de pedestres, foi priorizada a segurança no fluxo de pessoas com a implantação de tempos especiais para travessia de pedestres nos cruzamentos, reduzindo a capacidade do tráfego veicular. Vale também ressaltar que no entorno do corredor da Santos Dumont 2, a intensificação das atividades lindeiras ocorre a partir das 10:00h da manhã, horário de início de funcionamento



dos pólos geradores de tráfego existentes (*shoppings* e bancos). Isto explica o fato deste corredor ter apresentando ganhos de velocidade apenas no pico da manhã.

O corredor da Barão de Studart é um caso especial, classificado nas pesquisas de velocidade como “RUIM” no pico da tarde. Após análise dos resultados das pesquisas de atraso e retardamento se concluiu que o responsável por uma grande parte deste mau desempenho consistia em conversões à esquerda, que prejudicavam a fluidez do tráfego de passagem. A proibição destas conversões e a implantação de binários nas vias transversais foram algumas das medidas adotadas para beneficiar este corredor. Assim, apesar deste corredor não ter apresentado aumento de volume, os atrasos acima mencionados podem ser apontados como causas do desempenho insatisfatório.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas realizadas neste estudo forneceram subsídios para analisar os benefícios operacionais oriundos da implantação do CTAFOR e, mais especificamente, avaliar os resultados obtidos com a estratégia de priorização de corredores de tráfego. Analisando a média das velocidades pesquisadas nos corredores que apresentaram ganho, pode-se mencionar aumentos médios de velocidade que variaram entre 23% e 50% no pico da manhã, 35% e 45% no pico do meio dia e 23% e 38% no pico da tarde. Em outros, porém, não se verificou melhoria significativa de velocidade média operacional com o SCOOT.

Vale destacar, entretanto, que apesar do sistema SCOOT disponibilizar uma diversidade de recursos com aplicação em vários problemas específicos de tráfego, apenas uma parte deles foi utilizado no presente estudo. Os resultados obtidos servirão como referência para novos ajustes bem como para orientar os técnicos do CTAFOR na implementação de outros recursos. Além disso, as pesquisas de avaliação vêm proporcionando uma melhor compreensão do sistema e a identificação de soluções mais apropriadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Rahim (1999) Potencial travel time and delay benefits of using adaptative signals – 79<sup>th</sup> TRB Annual Meeting, Washington, D. C.
- ASTEF (1998) *Estudos e Projetos para a Implantação do Sistema Centralizado de Controle do Tráfego de Fortaleza – CTAFOR – Relatório Final*. Associação Técnico-Científica Eng. Paulo de Frontin, Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará.
- BHTRANS (1996) Análise Técnico-Econômica do CTA-BH, Belo Horizonte.
- Loureiro, C.F.G.; C.H.P. Leandro; M.V.T. Oliveira (2002a) Sistema Centralizado de Controle do tráfego de Fortaleza: ITS Aplicado à Gestão Dinâmica do Trânsito Urbano. *Anais do XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Natal, RN, Comunicações Técnicas, p. 19-26.
- Loureiro, C.F.G.; M.J.T.L. Gomes; C.H.P. Leandro (2002b) *Avaliação do desempenho nos períodos de pico do tráfego de interseções semaforizadas com controle centralizado em tempo fixo e real*. *Anais do XVI Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, Natal, v. 1, p. 365-376.
- Mazzamatti, M.V.; Netto, D.V.V.F; Vilanova, L.M; Ming, S.H (1998) *Benefits gained by responsive and traffic adaptive systems in São Paulo*. Companhia de Engenharia de Tráfego – CET, São Paulo.
- Ming, S.H. (1997) Nota Técnica n° 203 - Recursos do SCOOT para Congestionamento.
- TRL (2000a) *SCOOT 0474 – Operacional Guide Costomising. SCOOT Traffic Handbook*. Transportation Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire, Inglaterra.
- TRL (2000b) *SCOOT 7730 – ASTRID Operator Manual. SCOOT Traffic Handbook*. Transportation Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire, Inglaterra.