



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ELECTRÓNICA E  
TELECOMUNICAÇÕES E DE COMPUTADORES

## **CONTROLO DE TRÁFEGO**

**Gil Lima Lial**

Engenheiro Electrotécnico

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
EM ENGENHARIA DE ELECTRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES

Orientador: Prof. Adjunto Manuel Augusto Vieira

Júri:

Presidente: Prof. Coordenador Mário Pereira Véstias

Vogal: Dir. Depto. Carlos Gomes Pereira

Dezembro de 2011



## RESUMO

O crescente número de automóveis nas ruas das grandes cidades, assim como o crescente número de transportes urbanos para atender o crescimento das populações, veio fazer com que as cidades cada vez mais fiquem mais congestionadas e mais propícias para acidentes envolvendo viaturas e peões.

Devido a isso, foram criados sistemas de controlo de tráfego capazes de melhorar o tráfego urbano nas cidades, sem deixar de lado as preocupações com os peões e nem com as emissões de poluentes para o ar.

Baseado nesse cenário, este trabalho tem como objetivo abordar as possíveis soluções existentes no mercado para melhorar o fluxo das viaturas, principalmente dos transportes colectivos, com prioridades para viaturas de emergências e autocarros, assim como, as passagens de peões, e sistemas de mobilidade urbana.

Desempenho do transporte público pode ser melhorado através de um melhor controlo e gerenciamento de tráfego em geral.

Nos testes realizados em campo: foi medida a velocidade de viagem do autocarro no cruzamento fixo (Praça de Espanha), e correlacionando-os com intervalos do ciclo dos semáforos para este cruzamento. A flexibilidade do controlador actuando, com o auxílio de detectores de veículos, sendo capaz de variar os intervalos dentro do ciclo, bem como o volume de carros e de prestações em velocidade de viagem do autocarro.

Resultados mostram que, durante o período em estudo, os benefícios de velocidade da viagem do autocarro, seria possível, através de um verdadeiro controlo de tempo *feedback* de cooperação entre as áreas urbanas de

controlo de tráfego (Gertrude) e do sistema de localização de veículos de transportes públicos (SAEIP).

Ao longo prazo, sugerimos a implantação de um sistema integrado. Fazendo com que o volume no carro seja reduzido. Este efeito leva também, a um aumento da velocidade comercial do autocarro urbano, da mesma forma como foi proposto em nossa experiência.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Sistema de controlo de tráfego, autocarro, peões, fluxo, melhorias, transporte urbano, congestionamento, poluição.

## **ABSTRACT**

The growing number of cars on the streets of big cities and the growing number of urban transport to meet the growth of the population came to make cities increasingly congested and more prone to accidents involving vehicles and pedestrians.

Because of this, systems for traffic control can improve the urban traffic in cities, without leaving aside the concerns with pedestrians and with no emissions of air pollutants.

Based on this scenario, this paper aims to address the possible solutions on the market to improve the flow of vehicles, especially public transport, with priority to emergency vehicles and buses, as well as the pedestrian crossings, and urban mobility systems.

Finally will be present a study of traffic control system exists in the city of Lisbon, based on measurements taken at a point in Lisbon.

We have conducted field trials: we measured the travel speed of bus, in a fixed intersection (Praça de Espanha), and correlated it with traffic lights intervals within the cycle into this intersection. The flexibility of the actuated controller, with the aid of vehicle detectors, is capable of varying intervals within the cycle as well as the in-car volume and providing benefits in bus travel speed. Results show that, during the time period under study, benefits in bus travel speed would be possible through a feed-back real time cooperative control between urban traffic control (GERTRUDE) and Public transport vehicle location (SAEIP) systems.

At long term we suggest the implementation of an integrated system. By doing that the in-car volume will be reduced. This effect leads, also, to an increased

commercial speed of the urban bus company in the same way as it was proposed in our experience.

## KEYWORDS

Traffic control system, bus, pedestrian, flow, improvements, urban transport, congestion, pollution.

# ÍNDICE

RESUMO.....	V
PALAVRAS-CHAVE .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
KEYWORDS .....	X
ÍNDICE .....	XI
SUMÁRIO.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIV
ÍNDICE DE TABELAS.....	XV
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XVI
AGRADECIMENTOS.....	XVII
1 INTRODUÇÃO .....	18
2 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE TRÁFEGO.....	22
3 TRABALHO DE CAMPO EM LISBOA.....	64
4 CONCLUSÃO .....	80
BIBLIOGRAFIA .....	84
GLOSSÁRIO .....	85

# SUMÁRIO

RESUMO.....	V
PALAVRAS-CHAVE .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
KEYWORDS .....	X
ÍNDICE.....	XI
SUMÁRIO.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIV
ÍNDICE DE TABELAS.....	XV
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XVI
AGRADECIMENTOS.....	XVII
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
1.1 INTRODUÇÃO.....	18
1.2 ENQUADRAMENTO .....	19
1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	20
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	20
<b>2 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE TRÁFEGO.....</b>	<b>22</b>
2.1 Introdução .....	22
2.1 SISTEMA DE CONTROLO SEMAFÓRICO DE LISBOA (GERTRUDE) .....	22
2.2.1 MÓDULO DE PRIORIDADE AO TRANSPORTE COLECTIVO .....	25
2.3 SAEIP (SISTEMA DE AJUDA À EXPLORAÇÃO E INFORMAÇÃO AOS PASSAGEIROS) .....	26
2.4 CITFOR (CONTROLO INTEGRADO DE TRANSPORTE DE FORTALEZA).....	27
2.4.1 CTAFOR (CONTROLO TRÁFEGO DA ÁREA DE FORTALEZA) .....	30
2.4.1.1 SUBSISTEMA DE CFTV.....	31
2.4.1.2 SUBSISTEMA DE PMV .....	33
2.4.1.3 SUBSISTEMA DE CONTROLO SEMAFÓRICO .....	34
2.5 SCOOT (SPLIT, CYCLE AND OFFSET OPTIMIZATION TECHNIQUE).....	36
2.5.1 FUNCIONAMENTO .....	38
2.5.2 BENEFÍCIOS.....	40
2.5.3 ARQUITETURA TÍPICA DE UM SISTEMA .....	40
2.5.4 SISTEMA BÁSICO.....	41
2.5.5 GESTÃO DO CONGESTIONAMENTO .....	42
2.5.6 FACILIDADES NO CONTROLO DE PEÕES .....	43
2.5.7 PRIORIDADE PARA AUTOCARRO .....	44
2.5.8 ASTRID ( <i>AUTOMATIC SCOOT TRAFFIC INFORMATION DATABASE</i> ).....	46
2.5.9 INGRID.....	47
2.6 UTMS (UNIVERSAL TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS) .....	48
2.6.1 ICTS ( <i>INTEGRATED TRAFFIC CONTROL SYSTEMS</i> ) .....	49
2.6.1.1 BENEFÍCIOS PRINCIPAIS.....	49
2.6.1.2 FUNÇÕES PRINCIPAIS .....	49
2.6.2 AMIS ( <i>ADVANCED MOBILE INFORMATION SYSTEMS</i> ) .....	50
2.6.2.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS.....	50
2.6.3 PTPS ( <i>PUBLIC TRANSPORTATION PRIORITY SYSTEMS</i> ).....	51
2.6.3.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS.....	51
2.6.4 MOCS ( <i>MOBILE OPERATION CONTROL SYSTEMS</i> ).....	52
2.6.4.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS.....	52
2.6.5 EPMS ( <i>ENVIRONMENT PROTECTION MANAGEMENT SYSTEMS</i> ) .....	53
2.6.5.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS.....	53
2.6.6 DSSS ( <i>DRIVING SAFETY SUPPORT SYSTEMS</i> ).....	54
2.6.6.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS.....	54
2.6.7 HELP ( <i>HELP SYSTEM FOR EMERGENCY LIFE SAVING AND PUBLIC SAFETY</i> ) .....	57
2.6.7.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS .....	57
2.6.7.2 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA.....	58
2.6.8 PICS ( <i>PEDESTRIAN INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS</i> ) .....	59
2.6.8.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS.....	59

2.6.9	FAST ( <i>FAST EMERGENCY VEHICLE PREEMPTION SYSTEMS</i> ).....	60
2.6.9.1	PRINCIPAIS BENEFÍCIOS.....	60
2.6.10	DRGS ( <i>DYNAMIC ROUTE GUIDANCE SYSTEMS</i> ) .....	60
2.6.10.1	PRINCIPAIS BENEFÍCIOS.....	61
2.6.11	IIIS ( <i>INTELLIGENT INTEGRATED ITV SYSTEMS</i> ) .....	61
2.6.11.1	PRINCIPAIS BENEFÍCIOS .....	62
2.7	CONTROLO DE ESTACIONAMENTO .....	62
<b>3</b>	<b>TRABALHO DE CAMPO EM LISBOA.....</b>	<b>64</b>
3.1	INTRODUÇÃO.....	64
3.2	MEDIDAS COLHIDAS.....	66
3.2.1	MEDIDAS DAS CARREIRAS DE AUTOCARROS .....	67
3.2.2	MEDIDAS NO SEMÁFORO .....	72
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>80</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>84</b>
	<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>85</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Sistema GERTRUDE: A) Arquitetura; B) Área Controlada.....	23
Fig. 2 - Autocarro equipado com SAEIP.....	26
Fig. 3 - Painel com horário de chegada das carreiras de autocarros.....	27
Fig. 4 - Painel de mensagens dos autocarros.....	28
Fig. 5 - Arquitetura do sistema CITFOR/CTAFOR.....	29
Fig. 6 - Sala de Controlo (Câmara dentro do autocarro).....	29
Fig. 7 - Sala de Controlo CTAFOR.....	31
Fig. 8 - Câmara de monitoramento.....	32
Fig. 9 - Painel de mensagem variável.....	33
Fig. 10 - Esquema do fluxo de dados do sistema SCOOT.....	35
Fig. 11 - Sistema SCOOT.....	36
Fig. 12 - Funcionamento do SCOOT.....	39
Fig. 13 - Diagrama ITCS.....	50
Fig. 14 - Sistema AMIS.....	51
Fig. 15 - Sistema PTPS.....	52
Fig. 16 - Sistema MOCS.....	53
Fig. 17 - Sistema EPMS.....	54
Fig. 18 - Sistema DSSS: A) Ocorrência acidente; B) Controlo velocidade; C) Controlo anticolisão; D) Passagem de peões.....	56
Fig. 19 - Sistema HELP.....	57
Fig. 20 - Quadro da configuração do sistema.....	58
Fig. 21 - Sistema PICS.....	59
Fig. 22 - Sistema FAST.....	60
Fig. 23 - Sistema DRGS.....	61
Fig. 24 - Sistema IIIS.....	62
Fig. 25 - Parque com controlo integrado.....	63
Fig. 26 - Painéis informativos.....	63
Fig. 27 - Carreiras da Praça de Espanha 726, 746.....	64
Fig. 28 - Percurso e horário da carreira 726.....	65
Fig. 29 - Percurso e horário da carreira 746.....	66
Fig. 30 - Local da realização das medidas.....	67

## ÍNDICE DE TABELAS

Tab. 1 - Lista de beneficios com controlo de tráfego electrónico. ....	20
Tab. 2 – Vantagens com sistema SCOOT.....	80

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráf. 1 - Intervalo entre tempo painel e tempo medido carreira 726.....	68
Gráf. 2 - Horário de passagem dos autocarros carreira 726.....	69
Gráf. 3 - Intervalo entre tempo painel e tempo medido carreira 746.....	70
Gráf. 4 - Horário de passagem dos autocarros carreira 746.....	71
Gráf. 5 - Tempos do semáforo.....	74
Gráf. 6 - Intervalo entre tempo painel e tempo medido das carreiras: A) Carreira 726; B) Carreira 746.....	74
Gráf. 7 - Tempos do semáforo.....	76
Gráf. 8 - Intervalo entre tempo painel e tempo medido das carreiras: A) Carreira 726; B) Carreira 746.....	76
Gráf. 9 - Tempos do semáforo.....	78
Gráf. 10 - Intervalo entre tempo painel e tempo medido das carreiras: A) Carreira 726; B) Carreira 746.....	78
Gráf. 11 - Emissões de CO2 antes e depois do EPMS.....	81

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos os meus amigos e familiares, especialmente aos meus pais Maria Eranilza Lima Lial e João Nobre Lial, pela educação que foi dada e o incentivo a chegar até onde cheguei, sem eles não seria ninguém.

Também agradeço ao meu orientador, Prof. Manuel Augusto Vieira, pela orientação dada e disponibilidade de me receber para execução deste trabalho.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 INTRODUÇÃO

As cidades a cada dia que passam tendem a ficarem mais populosas e conseqüentemente terem maior fluxo de peões e veículos, por isso, é indispensável, uma política de controlo de tráfego nas cidades, tendo em consideração questões de mobilidade e acessibilidades de carros e peões, ruídos nas ruas, uma política ambiental, segurança dos peões e veículos.

Nos dias actuais é imaginável pensar em uma cidade de grande porte sem controlo de tráfego, congestionamentos imensos, causando perda da qualidade do ar e atraso nos deslocamentos tanto de transportes colectivos como de particulares. Estes são alguns motivos que levaram a ser criados sistemas para controlar o tráfego em uma cidade, diminuindo assim o tempo de deslocamento dos veículos e conseqüentemente a poluição nas vias.

O controlo do transporte colectivo também é de extrema importância, pois ao atrair utentes faz com que diminua o número de carros nas ruas, mas para isso, é necessário que tenha uma rapidez no deslocamento, informações nos pontos com horários dos transportes colectivos e também que existam parques de estacionamento próximos às interfaces de transporte colectivo, fazendo com que diminua o fluxo de veículos particulares nas vias.

Estes parques de estacionamento devem ser controlados por dispositivos que indiquem em painéis luminosos quantidades de lugares livres, fazendo com que o usuário visualize antes de entrar, diminuindo assim o tempo que irá trafegar o veículo nas vias atrás de vagas.

Uma política de controlo de tráfego que faça o transporte colectivo ter prioridade nos semáforos e também existência de corredores exclusivos nas vias para o seu tráfego, melhorando o tempo de deslocamento do mesmo e a fluidez do tráfego tanto para transportes colectivos como particulares.

Também de extrema importância preocupação com a mobilidade dos peões nas vias e sua segurança, podendo ser criado tempos de segurança no semáforo para os mesmos, ou seja, tempo suficiente para ocorrer a travessia do peão na via, e semáforo individual de preferência os que emita som, para que portadores de deficiência possam atravessar sem problemas.

Também as questões ambientais são importantes, assim sendo, fazer com que o tráfego flua por vias diferentes de maneira a minimizar a poluição das mesmas, através do desvio do tráfego das vias mais congestionadas, diminuindo as emissões de poluentes nestas vias.

Informações enviadas aos veículos particulares sobre as condições das estradas, acidentes, qual melhor caminho a seguir, controlo dos sistemas de sensores nas vias interligados com os semáforos juntamente com o transporte colectivo, fazendo com que os semáforos fluam de acordo com o tráfego, facilitam uma política de controlo de tráfego.

## **1.2 ENQUADRAMENTO**

As grandes cidades continuam tendo um crescimento exponencial, e neste sentido aumentando também os transportes e diminuindo os espaços existentes ocasionando uma degradação ao meio ambiente, sendo prejudicial à saúde da população.

É de fundamental importância o controlo dos transportes nestas cidades, principalmente o colectivo, para que haja uma mudança de costume da população, levando-a a utilizar mais o transporte colectivo do que o particular, com isso, diminuindo o fluxo de veículos particulares nas ruas, favorecendo um transporte colectivo mais rápido, diminuindo a poluição nas vias, diminuindo o risco de acidentes tanto para veículos como peões. Também a criação de parques de estacionamento controlados pertos dos pontos de transportes colectivos.

### 1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Implantação de um sistema de controlo de tráfego nas grandes cidades que satisfaça a demanda de veículos em cada situação apresentada. Cada cidade possui características próprias na circulação de veículos, portanto, o sistema tem que ser adaptado para cada situação específica.

Não se esquecendo de levar em consideração a qualidade do meio ambiente, segurança dos peões, dos condutores e os custos de implantação do sistema.

Na tabela 1, são mostrados alguns benefícios que podem ser alcançados com a atribuição de um controlo de tráfego electrónico:

<b>Quantitativo</b>	<b>Qualitativo</b>
<b>Condutor</b>	
Efeitos no veículo: Número de paradas com tempo ocioso	Viagem mais tranquila
Consumo de combustível	Número e tempo de paragem
Poupança no tempo de viagem	
Segurança	
<b>Comunidade</b>	
Redução do consumo de energia	Diminuição das emissões
Redução total do tempo de viagem	Redução do ruído
	Melhoria da imagem pública

**Tab. 1 - Lista de benefícios com controlo de tráfego electrónico.**

### 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Após a introdução, segue com o capítulo 2 que apresenta os componentes de um sistema de controlo de tráfego usado em algumas cidades pelo mundo, no capítulo 3 será apresentado o trabalho de campo executado em

Lisboa com base na recolha de informações no sistema de controlo de tráfego e no Sistema de Ajuda à Exploração e Informação aos Passageiros (SAEIP). Do qual é um sistema de gestão da frota em tempo real, a partir da localização automática de veículos, capaz de nos fornecer o tempo total e o tempo em movimento gasto pelo autocarro entre dois pontos do itinerário. O capítulo 4 segue a conclusão do trabalho realizado e desenvolvimento futuros tendo em vista os contributos para uma política de transportes nas cidades.

## **2 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE TRÁFEGO**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

As grandes cidades já possuem sistemas de controlo de tráfego em funcionamento, cada sistema configurado com as características de tráfego de acordo com sua cidade e complementos destes sistemas que podem se adaptados em locais chaves da cidade. Neste capítulo serão abordados alguns projetos de controlo de tráfego e complemento do sistema de controlo destes projetos já implantados em algumas cidades, tais como:

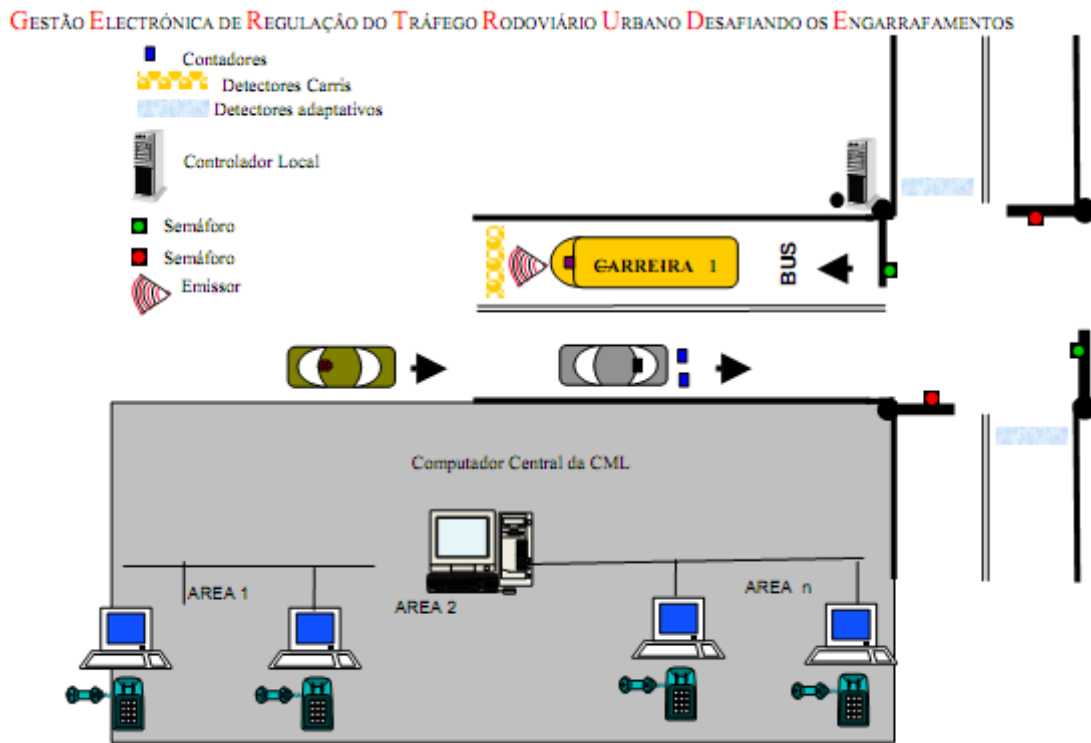
- ✓ GERTRUDE;
- ✓ SAEIP;
- ✓ CTIFOR;
- ✓ SCOOT;
- ✓ UTMS;
- ✓ Módulo de prioridade para o transporte colectivo;
- ✓ Módulo de controlo para passagem de peão;
- ✓ Módulo de gestão de incidentes rodoviários;
- ✓ Controlo de estacionamento.

### **2.1 SISTEMA DE CONTROLO SEMAFÓRICO DE LISBOA (GERTRUDE)**

O sistema de gestão e controlo de tráfego, GERTRUDE (Gestão Electrónica de Regulação do Tráfego Rodoviário Urbano Desafiando os Engarrafamentos), é um sistema centralizado, em tempo real, modular e hierárquico, tem como objetivos:

- ✓ Assegurar fluidez no tráfego;
- ✓ Melhorar o desempenho dos transportes colectivos;
- ✓ Assegurar prioridade a veículo de emergência;
- ✓ Controlar a poluição atmosférica.

A Fig. 1, mostra a esquematização da sua arquitetura física.



A) Arquitetura.



B) Área Controlada.

Fig. 1 - Sistema GERTRUDE: A) Arquitetura; B) Área Controlada.

Está adaptado às características de funcionamento da cidade de Lisboa, respondendo às necessidades e opções definidas, constituindo um laboratório vivo de indicadores de mobilidade da cidade. A estratégia de actuação do sistema é a que a seguir se indica:

- ✓ Deixar penetrar no cruzamento o volume de tráfego que este está em condições de aceitar;
- ✓ Quando a solicitação se torna excedentária, o computador é informado em tempo real, actuando de imediato nos algoritmos de controlo do sistema;
- ✓ A rede viária é decomposta em pares de troços deficitários ou excedentários para efeitos de aplicação das estratégias de controlo.

A estratégia de controlo funciona a dois níveis:

- ✓ No primeiro nível encontramos a seleção, em tempo real, do programa de tráfego mais conveniente (nível dos fenómenos previsíveis). Neste nível o sistema determina o ciclo ótimo, para cada zona, tendo por base os coeficientes característicos dos arruamentos, o tempo de base do ciclo anterior e as informações em tempo real dos detectores de saturação e contagens localizados estrategicamente;
- ✓ No segundo nível o programa pode ser adaptado às necessidades de cada evento, em função de parâmetros obtidos mediante os detectores de filas de espera, adaptatividade, prioridade aos transportes colectivos e veículos de bombeiros.

No sistema de controlo utilizado cada ficheiro de cruzamento é composto por várias sequências estruturadas em função do diagrama de sinais instalado no controlador local. A leitura é sequencial. O estado em que se encontra o diagrama valida, em tempo real, a situação do ficheiro.

Passamos a exemplificar sumariamente a estratégia do algoritmo que dá prioridade ao transporte colectivo, limitando simultaneamente o débito do transporte individual.

Consideremos a sequência  $\Omega$  onde estão programados os tempos de verde dos semáforos A (TI), B (BUS) e P (PEÃO) e a sequência  $\Phi$  onde estão apenas programados os tempos dos semáforos B e P. Se um detector de fila de espera, localizado a jusante do semáforo A, estiver presente (actuado) para além de  $t$  segundos (programável), é ativada a contagem do contador duração de saturação (CDS). Logo que ausente (não actuado) o contador fila de espera (CFE) é actuado. Se  $CDS=0$  e  $CFE \leq 240$  segundos ativa o algoritmo de reportabilidade progressiva que transporta o tempo programado na sequência  $\Omega$  para a sequência  $\Phi$ . Com esta acção estaremos incrementar o tempo de verde dos transportes colectivos e ao mesmo tempo a diminuir o tempo dado ao transporte individual.

### **2.2.1 MÓDULO DE PRIORIDADE AO TRANSPORTE COLECTIVO**

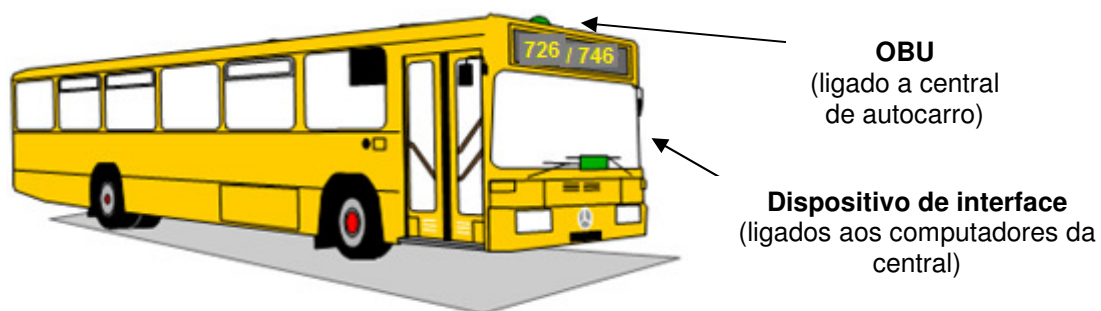
O Módulo de Prioridade ao Transporte Colectivo está integrado no sistema GERTRUDE. Compreende *software* adicional nas ações de micro regulação e ligações aos detectores de prioridade instalados na via pública.

Após a detecção e conhecida a localização do veículo e a situação de tráfego na zona, o Módulo de Prioridade ao Transporte Colectivo aciona os algoritmos que vão condicionar a gestão semaforica à passagem dos autocarros. O sistema recolhe todos os segundos os autocarros que se aproximam dos cruzamentos com potencial ajuda. São referenciados todos os semáforos envolvidos nesta tarefa, bem como as sequências nos diagramas de cada cruzamento em que começa ou acaba a fase atribuída à passagem dos autocarros. Determinam-se os tempos máximos de prolongamento ou antecipação da fase em análise e, tendo em consideração o prolongamento ou a antecipação do tempo de verde, definem-se os algoritmos para a passagem do autocarro, no tempo normal de verde do semáforo.

Em termos práticos estamos em presença de um processo que consiste em sacrificar a entrada de uma percentagem de veículos numa determinada zona da cidade, sempre que aparece um autocarro nas condições de pedir a intervenção do sistema. A decisão de ajuda depende da informação de não existência de filas de espera relacionadas com as sequências ou fases a sacrificar. O módulo vai introduzir uma alteração significativa nas coordenações (onda verde) calculadas, antecipadamente, para uma melhoria dos fluxos do transporte individual correspondendo-lhe uma atenuação nos débitos no ciclo em que a ajuda foi consumada. A penalização é equivalente à que se pode determinar com recurso aos processos “*Birth and Death*” (cadeias de Markov em tempo contínuo), resultante da instalação duma passagem de peão na rede viária.

### **2.3 SAEIP (SISTEMA DE AJUDA À EXPLORAÇÃO E INFORMAÇÃO AOS PASSAGEIROS)**

Trata de um sistema de gestão da frota em tempo real, a partir da localização automática de veículos, capaz de nos fornecer o tempo total e o tempo em movimento gasto pelo autocarro entre dois pontos do itinerário. A Fig. 2, apresenta um autocarro com este sistema e na Fig. 3, um painel de informação com os tempos de chegada dos autocarros.



**Fig. 2 - Autocarro equipado com SAEIP.**



**Fig. 3 - Painel com horário de chegada das carreiras de autocarros.**

## **2.4 CITFOR (CONTROLO INTEGRADO DE TRANSPORTE DE FORTALEZA)**

Trata-se de um sistema de gestão e monitoramento de frotas e informação ao passageiro em tempo real. Tem como desafio tornar o transporte colectivo mais eficiente, mais lucrativo e mais atractivo para usuários e condutores de veículos.

Os usuários terão informações em tempo real disponíveis sobre o sistema. Horários de chegada às paradas, bem como informações sobre quais autocarros estão se aproximando serão disponíveis aos usuários por painéis de mensagens electrónicas instalados nos terminais e nas principais paradas de autocarros, bem como instaladas dentro dos veículos. As informações sobre a frota também estarão disponíveis via telemóvel (WAP/SMS) e pela internet. Dentro dos veículos também estarão instalados painéis LCD para divulgação de informações de utilidade pública. A segurança do sistema será feita por câmaras instaladas nos autocarros e instalação de botão de pânico, com monitoramento pela central em tempo real.

A maior eficiência do sistema é a conquista adquirida com a base de dados que será montada com as informações do CITFOR:

- ✓ Monitoramento e gerenciamento dos tempos de viagens
- ✓ Gestão de frota;
- ✓ Gerenciamento do desempenho e manutenção da frota;
- ✓ Menores custos operacionais dos veículos;

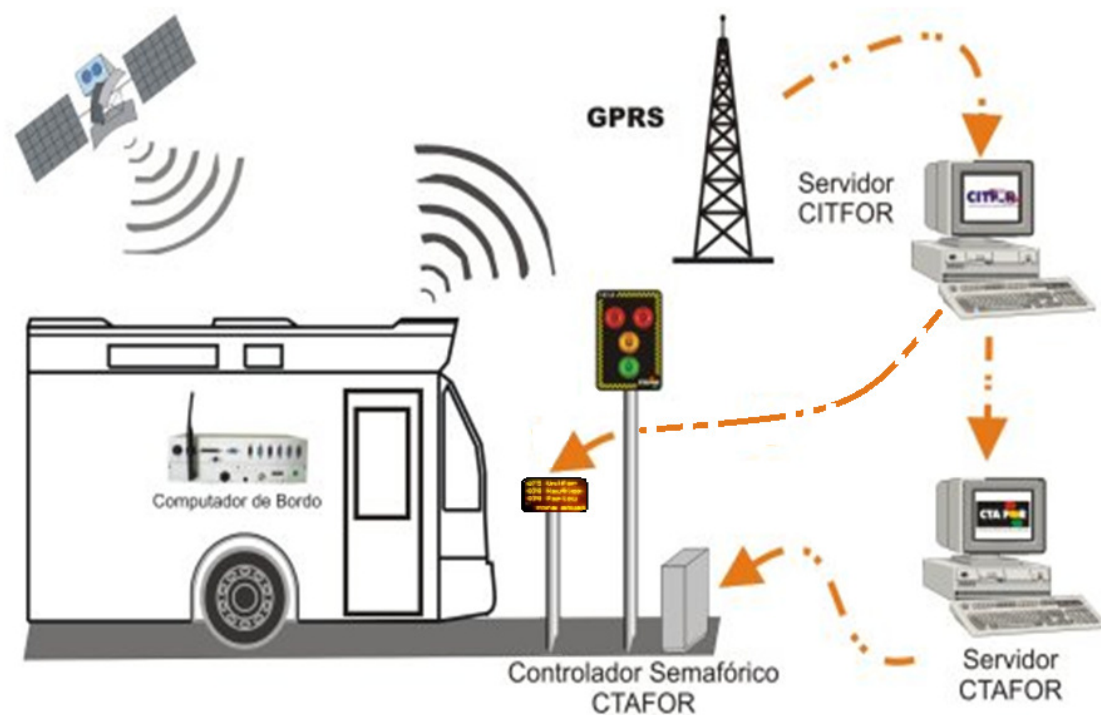
- ✓ Solicitação de prioridade para o sistema tráfego SCOOT em caso de atraso;
- ✓ Tempos de viagem menores e mais frequentes;
- ✓ Viagem segura e confortável;
- ✓ Melhorias no tamanho de frota.

O sistema funciona a partir de um computador de bordo instalado nos autocarros. Este computador recebe informações de satélite de geoposicionamento (GPS) que informam a sua exacta localização. Esta localização é enviada à central via sistema de envio de dados da rede móvel (GPRS). O servidor CITFOR recebe as informações de todos os veículos da frota, analisa os dados e repassa as informações para os painéis de mensagens (Fig. 4), bem como para o sistema de semáforos do CTAFOR. A Fig. 5, mostra esta arquitetura.



**Fig. 4 - Painel de mensagens dos autocarros.**

Um exemplo da eficiência do sistema é a priorização do semáforo para veículos atrasados. Caso o sistema identifique que um dos autocarros esteja fora do horário, essa informação é repassada para o controlo de semáforos para que este veículo tenha prioridade nos cruzamentos onde esteja passando.



**Fig. 5 - Arquitetura do sistema CITFOR/CTAFOR.**

O sistema ainda contempla uma completa monitoração dos terminais de autocarros de Fortaleza utilizando câmaras de vídeo (Fig. 6).



**Fig. 6 - Sala de Controle (Câmara dentro do autocarro).**

As empresas de transporte, ao aderirem ao sistema, terão como benefícios o gerenciamento da frota através dos relatórios como controlo de combustível gasto, pontualidade e desvio, contagem de passageiros, estado dos equipamentos e informação de manutenção, dentre outros. Espera-se também que haja um aumento de usuários de transporte colectivo, devido à oferta de um sistema mais atractivo, seguro e eficiente.

Para a Prefeitura de Fortaleza, os benefícios seriam os seguintes:

- ✓ Gestão e controlo dos serviços através do acompanhamento contínuo da operação e de diversos relatórios: controlo do comprimento de viagens e intervalos; duração de viagens, desvios e anomalias;
- ✓ Indicadores operacionais;
- ✓ Monitoramento da bilhetagem;
- ✓ Redução dos custos de gestão, controlo e fiscalização;
- ✓ Integração com outras modalidades de transporte;
- ✓ Informação de utilidade pública;
- ✓ Arrecadação com publicidade;
- ✓ Transporte colectivo mais atraente para o usuário.

#### **2.4.1 CTAFOR (CONTROLO TRÁFEGO DA ÁREA DE FORTALEZA)**

O CTAFOR tem por fim propiciar uma sobrevida ao sistema viário existente, utilizando-o de forma mais racional. Todo o controlo fica centralizado em uma sala conforme Fig. 7. Com essa finalidade, três subsistemas são integrados numa mesma central de operações:

- ✓ Subsistema de monitoração de tráfego por circuito fechado de televisão (CFTV);
- ✓ Subsistema de painéis de mensagens variáveis (PMV);
- ✓ Subsistema de controlo centralizado de semáforos.

As expectativas com relação aos benefícios operacionais do CTAFOR baseiam-se na premissa de que as obstruções à fluidez do tráfego possam ser rapidamente detectadas e removidas, e que seja alcançada uma redução da ordem de 20% nos atrasos das interseções semaforizadas,

proporcionando um aumento na velocidade média do tráfego, diminuição no consumo de combustíveis e na poluição por emissão de gases.



**Fig. 7 - Sala de Controlo CTAFOR.**

#### **2.4.1.1 SUBSISTEMA DE CFTV**

O subsistema de circuito fechado de televisão tem por fim monitorar vias e cruzamentos que, por apresentarem tráfego intenso, a ocorrência de qualquer incidente perturbando o fluxo acarretaria severo congestionamento. A função do subsistema CFTV dentro dos objetivos do CTAFOR está na possibilidade de identificação remota de um incidente, fazendo com que os operadores da central de controlo disparem uma cadeia de procedimentos que tem por fim garantir a segurança dos usuários e desobstruir a via o mais rapidamente possível.

O CFTV tem mostrado a ser uma ferramenta extremamente valiosa, principalmente aliada ao subsistema de PMV. Sua eficiência é, no entanto, diretamente ligada à eficiência do setor de operações de campo e fiscalização do órgão que gerência o tráfego, uma vez que é este que deve tomar as providências de canalização do tráfego ou desobstrução da via dos incidentes detectados na central.

##### **2.4.1.1.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CFTV**

Constituem o subsistema de CFTV, equipamentos de campo (câmaras, conforme Fig. 8) e equipamentos internos à central (monitores, gravadores de vídeo e controlos).

Um computador central faz toda a intermediação das comunicações entre equipamentos permitindo que a imagem de qualquer câmara possa ser exibida em qualquer saída de vídeo disponível, bem como permite que se preparem programações de posicionamento das câmaras para que estas varram, sem a intervenção do operador, todo seu campo de visibilidade. Dois vídeos-cassetes tipo *time-lapse* permitem gravar simultaneamente, durante 96 horas (de acordo com capacidade das fitas cassetes) contínuas, as imagens multiplexadas de todas as 30 câmaras a uma baixa taxa de actualização.

O sistema de câmaras tem tecnologia americana e apresenta características próprias para operação em ambientes externos durante as 24 horas do dia. Montadas no alto de postes metálicos de 15 m de altura, as câmaras suportam variação de temperatura de  $-40$  a  $60^{\circ}\text{C}$ , possuindo ainda limpador de lente e um esguicho d'água, acionáveis da central. A maior parte dos ajustes é automáticos, como foco e velocidade do obturador, bastando que o operador aponte a câmara para o local desejado. O zoom óptico de 22 vezes, acrescido de um zoom digital de oito vezes, dá um alcance de visão limitado apenas por obstruções físicas do meio urbano. A sensibilidade de operação sob baixas condições de luminosidade de até  $0,07\text{lux}$  permite a perfeita operação durante o período noturno. As câmaras são montadas em uma base que lhes permite um giro de  $360^{\circ}$  horizontais, bem como uma varredura vertical de  $90^{\circ}$  para baixo e  $40^{\circ}$  para cima. Todos os controlos de movimentação das câmaras são feitos por meio de teclado e *joystick*, sendo a comunicação de dados e transmissão de imagens feitas por meio de uma rede de fibra óptica.



**Fig. 8 - Câmara de monitoramento.**

#### 2.4.1.2 SUBSISTEMA DE PMV

O subsistema de painéis de mensagens variáveis (Fig. 9) tem por finalidade alertar os condutores sobre as condições do tráfego a jusante de seu trajeto. Sua contribuição nos objetivos do CTAFOR está em permitir que os condutores, cientes da ocorrência de algum incidente no tráfego, evitem vias e cruzamentos nos quais o tráfego esteja com fluidez comprometida. Adicionalmente, os painéis servem para divulgar campanhas educativas de tráfego e mensagens institucionais.



Fig. 9 - Painel de mensagem variável.

##### 2.4.1.2.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PMV

Os equipamentos instalados em campo foram especificados para utilizarem a tecnologia de LED (díodo emissor de luz). As mensagens a transmitir deverão ser legíveis a, pelo menos, 150m. Quanto às condições de operação, os painéis devem ser capazes de operar 24 horas por dia junto a vias de tráfego intenso, resistindo à poluição e trepidação, intempéries, variação de temperatura de 0°C a 60°C, umidade relativa do ar atingindo 100%, além de seus componentes estarem protegidos contra as condições de alta salinidade encontradas na orla marítima de Fortaleza.

Os painéis apresentam duas linhas de 16 caracteres alfanuméricos, incluindo acentuação ortográfica, com espaçamento fixo. Cada caractere é formado por uma matriz de 7 x 5 pontos, com uma altura de 30 ou 40 centímetros. Cada ponto dessa matriz é composto de um *cluster* de leds vermelhos e verdes, permitindo exibir quatro cores: vermelha, laranja, amarela e verde. Seis dos painéis foram dotados de um módulo gráfico capaz de exibir pictogramas formados em uma matriz de 16 x 16 pontos de *clusters* de leds, com as mesmas características descritas acima. Dessa forma é possível enfatizar as mensagens escritas com o emprego da sinalização de tráfego.

As mensagens exibidas nos painéis são enviadas da central de controlo por *software* próprio rodando em plataforma PC/Windows. O *software*, originalmente, era um gerenciador de banco de dados para as mensagens a serem exibidas que sofreu modificações para incluir recursos de verificação do estado operacional dos painéis. Entre os recursos disponíveis citam-se: possibilidade de actualização dos relógios internos dos painéis, escolha de cores das mensagens, exibição de mensagens em modo intermitente, escolha da duração de exibição de cada mensagem, agendamento de exibição de mensagens e controlo de intensidade luminosa, entre outros.

Toda comunicação entre o computador da central e os painéis é feita através de LP's.

#### **2.4.1.3 SUBSISTEMA DE CONTROLO SEMAFÓRICO**

O subsistema é baseado no *software* SCOOT (*split, cycle and offset optimization technique*) com interface e *hardware* ingleses. O controlo é do tipo adaptativo, em tempo real, exigindo uma troca contínua de dados entre os controladores e o computador central (Fig. 10).



**Fig. 10 - Esquema do fluxo de dados do sistema SCOOT.**

O fluxo de dados se dá por meio de LP's, da seguinte forma: detectores de demanda, instalados no gabinete do controlador, coletam dados do tráfego por meio de laços indutivos e os enviam a um computador responsável pelo gerenciamento do fluxo de informações (FEP). Estes dados são, por sua vez, repassados para um computador central que define os melhores instantes de mudança dos estágios, enviando de volta as ordens ao controlador, que executa a acção e retorna uma confirmação

O sistema de controlo semafórico trabalha sob três níveis de controlo: isolado em tempo fixo, centralizado em tempo fixo e centralizado em tempo real. A condição ideal é a operação em tempo real, mas algumas situações podem requerer a operação em tempo fixo como na ocorrência de acidentes de tráfego e em falhas na rede de comunicação de dados.

Além da escolha do tipo de operação, as decisões do *software* SCOOT podem sofrer intervenções do operador, que se dão por meio de terminais de computador padrão PC/Windows. Nesses terminais, roda uma interface gráfica que permite ao técnico enviar comandos ao servidor Alpha, que roda o SCOOT, e também obter dados em tempo real dos parâmetros de operação do sistema.

## 2.5 SCOOT (*SPLIT, CYCLE AND OFFSET OPTIMIZATION TECHNIQUE*)

Foi originalmente projetado para controlar a densidade das redes urbanas, como grandes cidades. É igualmente bem sucedido em redes pequenas, especialmente para as áreas onde os padrões de tráfego são imprevisíveis. Com mais 200 sistemas implantados em todo o mundo, trabalhando em lugares com condições tão diversas em grandes cidades congestionadas como: Pequim, Bangucoque, São Paulo e Londres, e também em cidades pequenas ou em redes.

É um sistema que coordena o funcionamento de todos os sinais de tráfego em uma área para dar boa progressão para os veículos através da rede. Embora coordenando todos os sinais, ele responde de maneira inteligente e continuamente as mudanças do fluxo de tráfego e flutuações durante todo o dia. Alguns dos benefícios obtidos com o SCOOT (Fig. 11):

- ✓ Personalização de gestão de congestionamentos;
- ✓ Reduções no atraso de mais de 20%;
- ✓ Maximiza a eficiência da rede;
- ✓ Prioridade ao transporte colectivo;
- ✓ Gestão do tráfego;
- ✓ Detecção de incidentes;
- ✓ Estimativa de emissões dos veículos;
- ✓ Facilidade para peões.

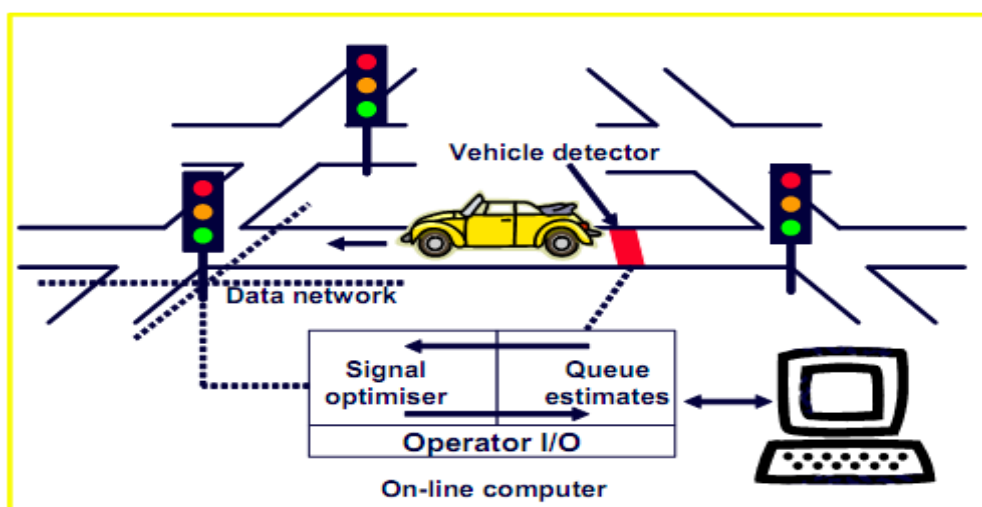


Fig. 11 - Sistema SCOOT.

O SCOOT está em desenvolvimento constante e novos recursos vão sendo implantados de acordo com cada versão criada, recursos de gerenciamento de tráfego foram acrescentado e refinados em cada versão. Estas melhorias incluem:

- ✓ A versão 3.12 - prioridade para autocarro incluído, instalações de banco de dados e detecção de incidentes;
- ✓ Versão 4,23 - estimativas da emissão de poluentes;
- ✓ Versão 4.5 - permitiu que a prioridade de autocarro para diferenciar entre autocarros diferentes, por exemplo, dar maior prioridade a autocarro atrasado, realçou a técnica de corredor de tráfego em zonas sensíveis e forneceu a ajuda extra para engenheiros criarem um sistema.
- ✓ SCOOT MC3 - a versão mais recente realça como ele opera em quatro áreas-chave: comunicações, controlo do congestionamento, prioridade para autocarro e facilidades para peões. Além das facilidades disponíveis nas versões anteriores, possui as seguintes evoluções:
  - Marcação de tempo dos dados - data e hora para permitir inconsistências e atrasos na entrega de pacotes de dados;
  - Supervisor de congestionamento - O supervisor é executado continuamente em segundo plano pesquisar e analisar os problemas de congestionamento;
  - Estágio para pular para prioridade de autocarros - se um autocarro chega a um tempo no ciclo de sinal de que ele teria que esperar por uma estrada para ser atendido, reduziria este tempo de entrada do autocarro;
  - Facilidades para peões - estabelecer um período de vermelho para os veículos que poderiam ser prorrogado no cruzamento dependendo dos detectores de peões que estenderiam o período a peões quando estes se aproximassem do cruzamento.

### 2.5.1 FUNCIONAMENTO

O *software* do *kernel* no coração de um sistema SCOOT é padrão para todas as instalações. O *software* adicional a malha ou *software* UTC (Controlo de Tráfego Urbano), que liga o *Kernel* SCOOT ao equipamento na rua e que fornece a interface de usuário é específico de cada fornecedor. A interface do usuário inclui a entrada de dados para armazenar informações sobre os detectores nos locais, desenho físico da rede das estradas e como os sinais de tráfego controlam o tráfego de fluxos individuais no banco de dados SCOOT.

Qualquer sistema de controlo adaptativo de tráfego depende da boa detecção das condições actuais em tempo real para permitir uma resposta rápida e eficaz para qualquer mudança na situação do tráfego actual. Os detectores são normalmente exigidos em cada ligação. Sua localização é importante. Para fornecer boas informações antes da chegada dos veículos ao ponto das linhas do SCOOT. Informação dos detectores é a entrada para o modelo SCOOT, que modela a progressão do tráfego do detector através da *paragem de linha*, da qual é preciso devido contar o estado dos sinais e as filas conseqüentemente.

A operação do modelo está resumida na Fig. 12, e descrita a seguir:

Quando os veículos passam pelo detector, SCOOT recebe as informações e converte os dados em suas unidades internas e os utiliza para construir perfis cíclicos de fluxo para cada ligação. O perfil da amostra é codificado por cores verdes e vermelhas de acordo com o estado dos sinais de tráfego de quando os veículos chegam à linha de paragem em velocidade de cruzeiro normal. Veículos são modelados para baixo da ligação em velocidade de cruzeiro e se junta à parte de trás da fila (se houver). Durante a saída dos veículos no sinal verde, a partir da linha de paragem, à taxa valida o fluxo de saturação.

Os dados do modelo são então usados pelo SCOOT em três optimizadores que estão continuamente adaptando três parâmetros-chave de controlo de tráfego a quantidade de verde para cada abordagem em cada cruzamento

(*Split*), o tempo entre sinais adjacentes (*offset*) e o tempo permitido para todas as abordagens a um cruzamento sinalizado (tempo de ciclo). Estes três optimizadores são usados para adaptar continuamente os parâmetros para todos os cruzamentos na área SCOOT controlada, minimizando o tempo perdido de verde nos cruzamentos e reduzindo paradas e atrasos devido à sincronização conjunta dos sinais. O funcionamento dos optimizadores oferece a combinação necessária de capacidade de resposta às flutuações do tráfego e da estabilidade para manter a coordenação.

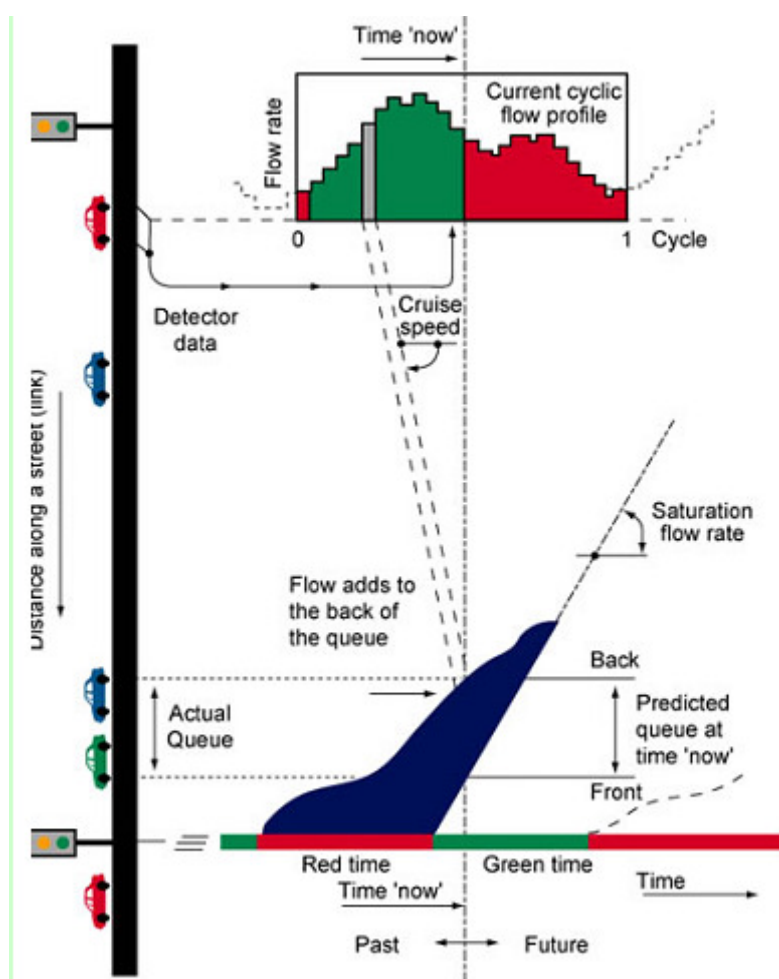


Fig. 12 - Funcionamento do SCOOT.

O optimizador melhora cada mudança de etapa, o deslocamento é melhorado em cada ciclo do sinal para cada nó e do tempo de ciclo para cada região é melhorado uma vez a cada cinco minutos ou uma vez a cada dois minutos e

meio, quando necessário para responder às mudanças de fluxo rápido. Pela combinação de mudanças relativamente pequenas para os tempos dos sinais de tráfego, o sistema responde em curto prazo, a picos de demanda de tráfego local, bem como segue as tendências ao longo do tempo e mantém constante a coordenação da rede de sinalização.

### **2.5.2 BENEFÍCIOS**

O SCOOT configurado com tempos fixos mostrou reduções de 27% nos atrasos em testes. Na prática, planos de tempo fixo podem mudar os padrões de tráfego, em cerca de 3% ao ano em média, o SCOOT com mais de um plano de tempo fixo teria ainda mais benefícios. Em média, estima-se que o SCOOT seria capaz de reduzir os atrasos, aproximadamente 12% contra configurações de sinal *up-to-date* e 20% sobre um sistema de tempo fixo típico. Em condições incomuns no Toronto após uma partida de beisebol, os atrasos foram reduzidos em 61%, demonstrando a capacidade do SCOOT para reagir a acontecimentos inesperados. Ensaio dando prioridades aos autocarros em Londres mostraram reduções médias de atraso de 3 a 5 segundos por autocarro por cruzamento.

Em um cruzamento na *Lances Hill* em *Southampton* tem mostrado reduções no atraso de 34 segundos por autocarro no período de pico. Usando a versão mais recente do SCOOT houve uma redução de mais 4 segundos por autocarro.

### **2.5.3 ARQUITETURA TÍPICA DE UM SISTEMA**

Os sistemas são projetados para atender a requisitos típicos de cada usuário. Haverá um processador central que hospeda o *kernel* do SCOOT integrado com a empresa que mantém o Controlo de Tráfego Urbano de cada cidade, com o *software* que controla as comunicações entre equipamentos de rua e fornece a interface do operador.

Este processador e terminais associados em rede podem ser instalados em uma sala de controlo. Como alternativa para os pequenos sistemas, o

processador pode ser instalado na sala de servidores e de controlo do sistema através *software* de cliente em seus computadores. Em maiores sistemas, pode haver uma sala de controlo formado por operadores, com os engenheiros selecionados também ter acesso ao sistema. Este acesso pode ser ampliado para visualização e controlo de CFTV (Circuito Fechado de TV) para comparar as condições na rua com o modelo SCOOT. O acesso ao sistema, quando na rua é fornecido pelos terminais móveis. Estes são normalmente utilizados para a formação inicial da validação, afinação e manutenção do sistema.

SCOOT podem ser integrados em um sistema de monitoramento de falhas para fornecer gerenciamento de falhas integral e, se necessário, informar as falhas automáticas para haver uma manutenção 24 horas por dia.

#### **2.5.4 SISTEMA BÁSICO**

Qualidade nos dados de tráfego é um pré-requisito para o sucesso da operação e os detectores são uma parte essencial do sistema SCOOT. Detectores Indutivos são mais comuns, embora outros tipos de detector pudessem ser utilizados. Para melhores resultados, os detectores são necessários em cada *link*. Instalar detectores, e mantê-los posteriormente, é um elemento significativo no custo do SCOOT. Uma rede SCOOT é dividida em regiões, cada uma contendo um número de nós (cruzamentos sinalizados e passagens de peões), que são todos executados ao mesmo tempo de ciclo para permitir a coordenação.

O nó pode ser duplo ciclo, isto é, operar com metade dos tempos de ciclo nas passagens de peões ou em cruzamentos. Limites da região estão localizados em *links* onde a coordenação é menos crítica, por exemplo, ligações de longa duração. Os dados sobre as regiões, nós, os estágios, os *links* e os detectores deverão ser armazenados no banco de dados do SCOOT.

Quando todo o equipamento e as entradas de dados forem instaladas no banco de dados, o sistema precisa ser validado. A validação do SCOOT é o processo de calibração do modelo de tráfego, que refletirá a maior precisão e eventos reais possíveis na rede da rua. Isso é fundamental, para assegurar um desempenho eficaz do sistema. Aquelas partes do sistema que tenham sido validados podem ser operadas sob o controle SCOOT, enquanto os nós ainda estão sendo validados. Uma vez que o sistema foi validado, os parâmetros de gestão de tráfego podem ser usados para gerenciar o tráfego de acordo com a estratégia de controle.

### **2.5.5 GESTÃO DO CONGESTIONAMENTO**

Um fator de importância é atribuído a um congestionamento em uma ligação SCOOT quando este está configurado, permitindo assim que o SCOOT possa operar a gestão de filas de espera de uma maneira melhor, diminuindo as filas em um congestionamento.

Foram atribuídas melhorias ao passar dos anos no sistema SCOOT, como:

- ✓ Possibilidade de especificar deslocamentos fixos para condições de congestionamentos;
- ✓ Ferramenta para gestão de filas de tráfego;
- ✓ *Gating* para limitar o fluxo do tráfego em áreas específicas e transferir filas de tráfego para áreas menos congestionadas;
- ✓ Supervisor de congestionamentos.

Congestionamento SCOOT é definido como a proporção do ciclo do sinal que há em uma fila sobre o detector. A ocupação contínua de pelo menos 4 segundos é considerada para indicar uma fila.

A operação normal SCOOT aperfeiçoa os tempos de sinal para minimizar o atraso na rede. No entanto, devido à importância da prevenção e bloqueio de saída para evitar um fechamento de uma rede, uma lógica extra, poderá ser invocada para aperfeiçoar quando da existência de *links* congestionados.

O sistema irá responder a uma fila estacionária sobre o detector, aumentando o tempo de verde para a ligação congestionada para reduzir a fila e sair de um bloqueio. Quanto o tempo de verde extra é dado, é controlado pelo usuário especificando o fator de importância para cada ligação do congestionamento.

Uma técnica bastante usada também é a chamada de *Gating*, seria a realocação de longas filas em áreas mais congestionadas para áreas menos congestionadas. Esta realocação pode ocorrer por motivos de fatores ambientais ou falta de espaço para uma faixa exclusiva de autocarro, ou em uma rotunda para evitar travamento de tráfego ou em vias onde tenha muitos cruzamentos.

A ferramenta de supervisão de congestionamento existente no SCOOT é executada em segundo plano procurando e analisando problemas de congestionamento. Ela reporta os resultados para ajudar o engenheiro a fazer um melhor uso de todas as facilidades disponíveis no SCOOT. O objetivo é actuar sobre o congestionamento causado constantemente em tráfego normal e não os causados por incidentes. O Supervisor inclui:

- ✓ Identificação dos nós que causam o congestionamento;
- ✓ Calcular deslocamentos congestionados em ligações curtas;
- ✓ Identificar mudança no fator de importância do congestionamento;
- ✓ Diagnosticar problemas quando há ligações com defeito;
- ✓ Relatório de problemas / diagnóstico onde a saturação é baixa;
- ✓ Diagnosticar e reportar onde ocorra sobrecarga de uma junção.

## **2.5.6 FACILIDADES NO CONTROLO DE PEÕES**

Foram desenvolvidas a fim de reduzir os tempos de espera nos cruzamentos tipo PUFIN (*Pedestrian User-Friendly Intelligent*) e PELICAN (*pedestrian light control*). O sistema modela o que está acontecendo nos cruzamentos, ou seja, se o estágio de peões foi chamado ou não, pelo uso do *feedback*. O *feedback* tem sido aprimorado para o modelo de comprimento da variável do

sinal verde nos cruzamentos com PUFFIN onde estão implantadas as facilidades de controlo para peões PUFFIN.

A diferença para o controlo SCOOT dos dois tipos de travessia é na modelagem da duração do estágio do peão. A variável do tempo verde nos cruzamentos PUFFIN pode ser modelado com precisão usando as informações de *feedback*, mas o comprimento do piscar do sinal do “homem verde intermitente” / piscar do período de âmbar para veículos usado pelos peões no tipo PELICAN não pode ser modelada. No PELICAN os *feedbacks* serão usados para modelar quando o estágio do peão ocorre ou não. No PUFFIN haverá vantagem de modelar corretamente o comprimento do estágio do peão.

As estratégias são projetadas para fornecer o gerente de tráfego o controlo sobre o nível de prioridade conferida para os peões e as perturbações ao tráfego de veículos. Diversos parâmetros de desenvolvimento de controlo foram investigados. Na estratégia recomendada o grau de prioridade aos peões é limitado pelo grau de saturação veicular do cruzamento e reforçada pelo tempo de espera dos peões. Quanto ao grau de limites de saturação, a prioridade é controlada por um parâmetro variável. Esta estratégia permitirá reduções em tempos de espera dos peões, sem risco de grandes aumentos nos atrasos dos veículos. Reduções na casa dos 20% foram obtidas em teste de campo, mas os benefícios para os peões serão limitados quando o fluxo de veículos for alto.

### **2.5.7 PRIORIDADE PARA AUTOCARRO**

O SCOOT possui uma série de facilidades que podem ser usados para fornecer prioridade aos autocarros. Prioridade “Passiva”, que não faz distinção entre veículos e prioridade “Ativa” que poderá ser dada, a um certo autocarro, uma prioridade quando este se aproxima do semáforo, prolongando o sinal verde até este autocarro cruzar.

Na nova versão também existe prioridade “Diferencial” que permite diferentes níveis de prioridade a ser dada a certos autocarros, por exemplo, prioridade limitada a autocarro atrasado, mas sem prioridade para aqueles antes do previsto. Todas essas técnicas são controladas por parâmetros estabelecidos por usuário para evitar que a prioridade cause uma indesejável demora extra para outros veículos. Após a execução das prioridades, um período de recuperação ocorre para trazer os tempos de volta nas ligações com a parametrização que continha no SCOOT.

Também existe a possibilidade de prioridade mais alta para veículos de emergências e afins menos frequentes de ocorrerem.

O *software* do *Kernel* detecta autocarro seja por um sistema AVL (*automatic vehicle location*), ou por transponderes nos autocarros. O sistema de AVL tem vantagens por poder ser colocados em posições melhores. A melhor localização para detecção será um compromisso entre a necessidade da detecção tanto quando possível e a previsão exacta da duração do trajeto. Além disso, os detectores de autocarro devem estar localizados a jusante de qualquer ponto de autocarro. Dependendo das condições do local, uma localização que fornecem um tempo de viagem do autocarro de 10 a 15 segundos para a linha de paragem é recomendado.

Actualmente tem-se usado o sistema GPS para monitorar os autocarros e enviar estas informações para o sistema SCOOT, o sistema usará essas informações para fornecer prioridade aos autocarros. Uma vantagem desse sistema é que eles podem proporcionar a detecção do autocarro sem a necessidade de instalação de *hardware* adicional na rua. Isto significará pouco custo no fornecimento de pontos de detecção adicional.

Tirando proveito destas informações, a lógica de prioridade para autocarros foi aprimorada para permitir a detecção de vários pontos sobre os sinais de trânsito, incluindo um detector de cancelar prioridade quando o autocarro

passa por um cruzamento. O valor máximo para o tempo de viagem do autocarro também foi aumentado. Isso permitirá que os autocarros sejam detectados mais cedo, possivelmente antes de chegar à paragem de autocarro. Com detecção de múltiplos pontos, à hora prevista de chegada do autocarro na paragem de autocarro será corrigido, já que chega a detectores subsequentes e a eficiência do sistema deve ser mantido. O objetivo é aumentar o nível de prioridade dada aos autocarros e melhorar a eficiência do controlo, resultando em menos interrupções para o restante tráfego.

### **2.5.8 ASTRID (*AUTOMATIC SCOOT TRAFFIC INFORMATION DATABASE*)**

O sistema de banco de dados ASTRID foi desenvolvido para guardar um histórico dos dados coletados pelo SCOOT. Ele monitora e guarda as condições do tráfego em arquivos comprimidos a cada 1 minuto, para posterior análise ou recuperação e também como referência para comparação com o tráfego actual.

Os seguintes dados são coletados diretamente das mensagens SCOOT e armazenados no banco de dados ASTRID:

- ✓ Fluxo - O fluxo de veículos por hora, chegando a uma paragem, conforme modelado pelo SCOOT;
- ✓ Atraso - O atraso total em horas do veículo, que é equivalente ao comprimento médio da fila de veículos em uma ligação, como modelado pelo SCOOT;
- ✓ Congestionamento - O percentual de quatro intervalos de um segundo durante um período de verde quando um detector é ocupado pelo tráfego. Este valor é independente do modelo SCOOT;
- ✓ Fluxo Detector – O registo do número de veículos que atravessou um detector SCOOT. O parâmetro não é adequado para uso no modelo SCOOT, mas ele fornece uma contagem exacta do fluxo em ligações de pista única e outras ligações que possuam um detector por faixa;
- ✓ Detector de ocupação - Um valor para a ocupação de um detector calculado com base no número total de quarto de segundo para o qual o detector é ocupado como um percentual de todo o período.

Outros dados como degradação da saturação da ligação ou comprimentos dos estágios podem ser coletados.

O ASTRID também calcula o atraso nos veículos, tempo de viagem, velocidade, índice de congestionamento, ocupação do veículo e fator LPU (*Link Profile Units*).

Os dados armazenados estão disponíveis nos seguintes níveis:

- ✓ Detector - detectores individuais cobrem um máximo de duas pistas em uma direção;
- ✓ Ligação – uma ligação será geralmente entre dois cruzamentos sinalizados;
- ✓ Nó - inclui todas as ligações de um nó individual ou cruzamento;
- ✓ Região - os nós de uma rede são divididos em regiões;
- ✓ Rota - qualquer grupo de ligações pode ser definido como uma rota, mas as rotas solicitadas devem ser especificadas na fase de coleta de dados;
- ✓ Área - fornece um resumo de toda a área controlada.

Também possui a função de visualizar os dados através de gráficos.

### **2.5.9 INGRID**

É um sistema de detecção automática de incidentes em tempo real que usa algoritmos para detecção de incidentes. Existem dois algoritmos que são usados para detectar incidentes. Um analisa os dados de tráfego actual atrás de mudanças bruscas no fluxo e ocupação. Não é necessário dados de referência para este algoritmo. O outro algoritmo usa dados de referência histórica fornecida pelo banco de dados ASTRID.

Para todos os detectores SCOOT na rede de um perfil diário do fluxo e da ocupação esperada em um período de 15 minutos é armazenado e actualizado automaticamente no banco de dados ASTRID. O algoritmo

detecta incidente, comparando a situação actual do tráfego com o esperado a partir do histórico dos dados de referência do ASTRID. Os algoritmos usam desvios-padrão e valores médios para determinar um nível de confiança no qual se podem avaliar os dados actuais. Um incidente é indicado se as condições estiverem satisfeitas em um minuto. Quando as condições estão satisfeitas durante três minutos consecutivos, mais peso é dado ao relatório de incidentes.

Os incidentes são indicados durante as seguintes condições:

- ✓ Diminuição da ocupação e fluxo no detector a jusante;
- ✓ Aumento da ocupação e redução do fluxo no detector de montante.

Para melhores resultados, a rotina requer o fluxo de dados de ocupação para cada ciclo do sinal de tráfego. Uma vez que um incidente tenha sido detectado, é importante estabelecer à medida que o incidente irá alterar o fluxo de tráfego pela rede. Há dois efeitos principais a serem considerados: a zona afetada pela propagação de congestionamento devido ao incidente e o atraso adicional para veículos que atravessem a área afetada. O índice de gravidade actualmente implantado em INGRID considera apenas o efeito do primeiro, através da indicação dos detectores que são afetados por um incidente.

## **2.6 UTMS (*UNIVERSAL TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS*)**

O sistema de controlo de tráfego do Japão chama-se UMTS e é composto pelos seguintes serviços:

- ICTS (*Integrated Traffic Control Systems*);
- AMIS (*Advanced Mobile Information Systems*);
- PTPS (*Public Transportation Priority Systems*);
- MOCS (*Mobile Operation Control Systems*);
- EPMS (*Environment Protection Management Systems*);
- DSSS (*Driving Safety Support Systems*);
- HELP (*Help system for Emergency Life saving and Public safety*);
- PICS (*Pedestrian Information and Communication Systems*);

- FAST (*Fast Emergency Vehicle Preemption Systems*);
- DRGS (*Dynamic Route Guidance Systems*);
- IIS (*Intelligent Integrated ITV Systems*).

### **2.6.1 ICTS (*INTEGRATED TRAFFIC CONTROL SYSTEMS*)**

O ITCS é componente chave do UMTS (*Universal Traffic Management Systems*) e fornece um gerenciamento de tráfego avançado, diagrama na Fig. 13.

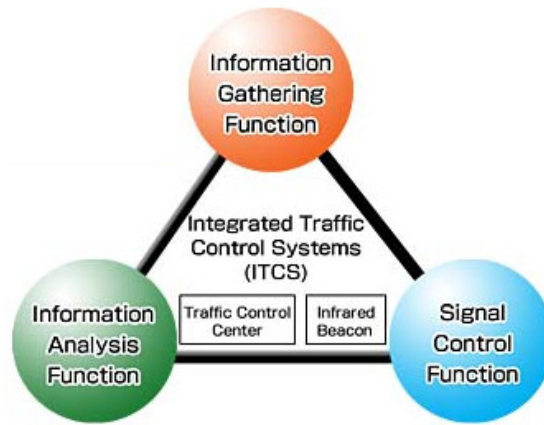
O sistema utiliza tecnologias de ponta, tais como sensores infravermelhos e computadores, o ICTS consegue um controlo de semáforo possível para lidar efetivamente com as constantes mudanças de fluxos no tráfego, fornecer informações em tempo real do tráfego e execução de cada subsistema do UMTS.

#### **2.6.1.1 BENEFÍCIOS PRINCIPAIS**

- Garantir a segurança e um bom fluxo de tráfego;
- Reduzir o congestionamento do tráfego;
- Reduzir o tempo de viagem;
- Minimizar a poluição do tráfego;

#### **2.6.1.2 FUNÇÕES PRINCIPAIS**

- Usa vários sensores para colectar o tráfego automaticamente, tempo de viagem e outras informações de tráfego.
- Usa computador para processar a informação do tráfego coletado e o mapa da área das condições de tráfego, para aperfeiçoar o controlo dos sinais e providenciar informações em tempo real do tráfego.
- Determinar o melhor parâmetro para controlo do semáforo baseado no volume do tráfego e outras informações do tráfego para automatizar o desempenho do controlo do semáforo e do controlo de tráfego da área coordenada.



**Fig. 13 - Diagrama ITCS.**

### **2.6.2 AMIS (*ADVANCED MOBILE INFORMATION SYSTEMS*)**

Fornece informação em tempo real exigido pelo condutor. Informação de trânsito recolhida no Centro de Controlo de Tráfego alimenta o sistema de navegação do automóvel ou fornece as informações através dos painéis de informações colocados nas vias, rádios ou outras mídias. A comunicação é feita através dos sensores infravermelhos espalhados na via conforme Fig. 14.

#### **2.6.2.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS**

- Dispersão do fluxo de tráfego;
- Aliviar o congestionamento do tráfego;
- Reduzir o tempo de viagem;
- Aliviar o *stress* do tráfego;
- Efeitos econômicos.

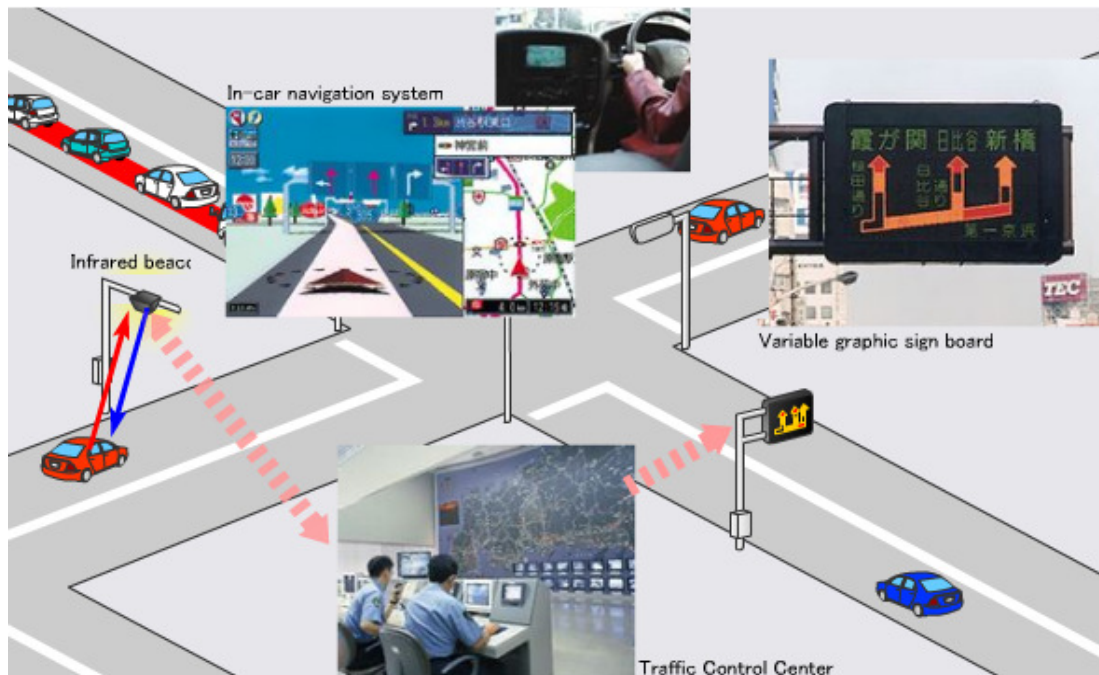


Fig. 14 - Sistema AMIS.

### 2.6.3 PTPS (*PUBLIC TRANSPORTATION PRIORITY SYSTEMS*)

Dar prioridade ao transporte colectivo, como autocarro, por meio de corredores de autocarros, avisos aos veículos que se encontram ilegalmente em execução no corredor de autocarro, e antecipação ao semáforo. A comunicação é feita através dos sensores infravermelhos com o autocarro, este interliga a central de controlo que poderá dá prioridade aos semáforos à frente. Caso possua algum veículo na faixa exclusiva para autocarro este é detectado através de câmaras e é emitido um alerta no painel à frente para este veículo mudar de faixa (conforme ilustração na Fig. 15).

#### 2.6.3.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS

- Melhorar o serviço de autocarro para os usuários;
- Incentivar o uso do transporte colectivo;
- Garantir o funcionamento do autocarro no prazo;
- Reduzir o tempo de espera do autocarro nos cruzamentos;
- Reduzir o número de infratores de trânsito que dirigem no corredor do autocarro;

- Garantir a segurança dos autocarros (ao fazer uma curva à direita ou fundindo-se o tráfego para fora da baía do autocarro).

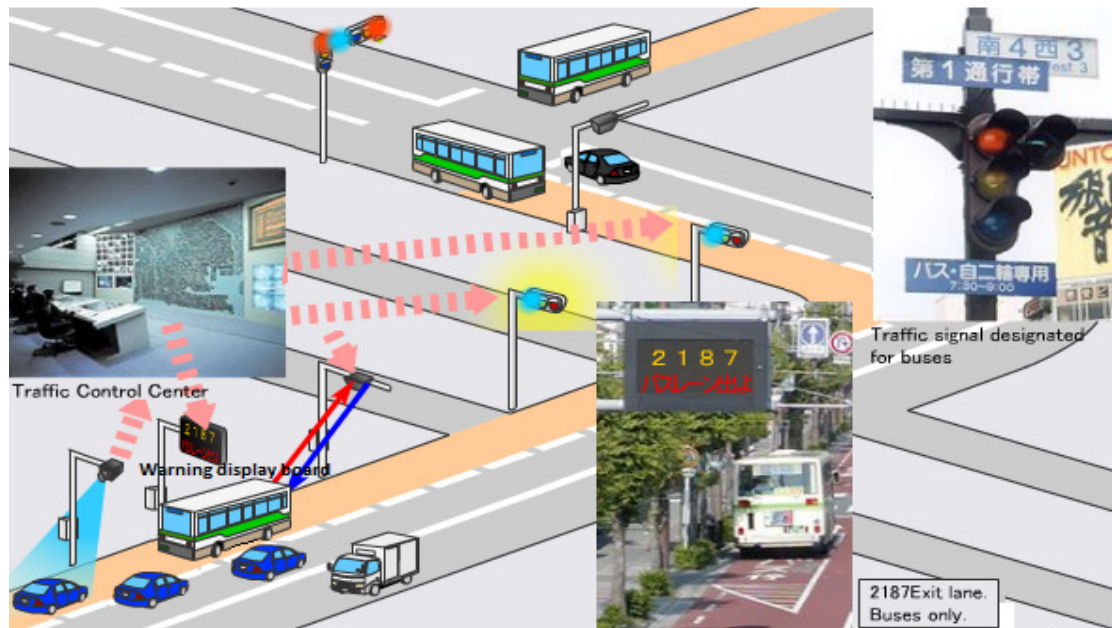


Fig. 15 - Sistema PTPS.

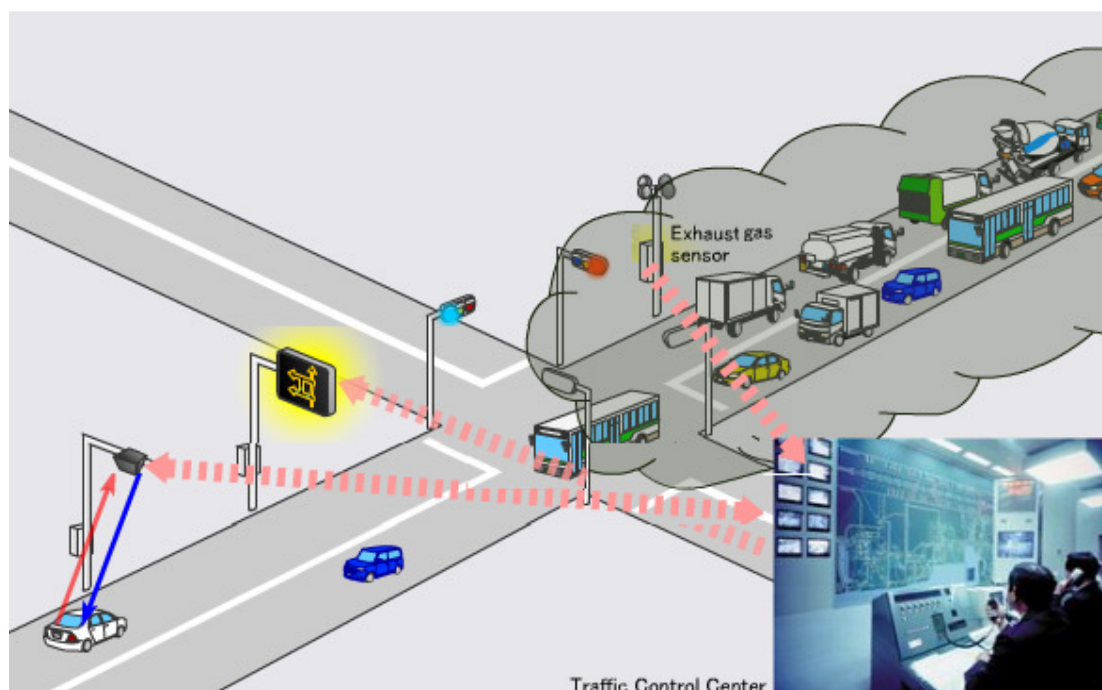
## 2.6.4 MOCS (MOBILE OPERATION CONTROL SYSTEMS)

Este serviço ajuda as empresas de transportes colectivos, mercadorias, saneamento e de outros serviços a gerenciar adequadamente suas operações. Fornecer as empresas o tempo e os locais exactos dos seus veículos (como ilustrado na Fig. 16).

### 2.6.4.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS

- Melhorar a eficiência da gestão de veículos;
- Melhorar a eficiência da circulação de pessoas e bens;
- O avanço da indústria de transporte rodoviário e melhorias no seu serviço;
- Aumentar o número de usuários do transporte colectivo;





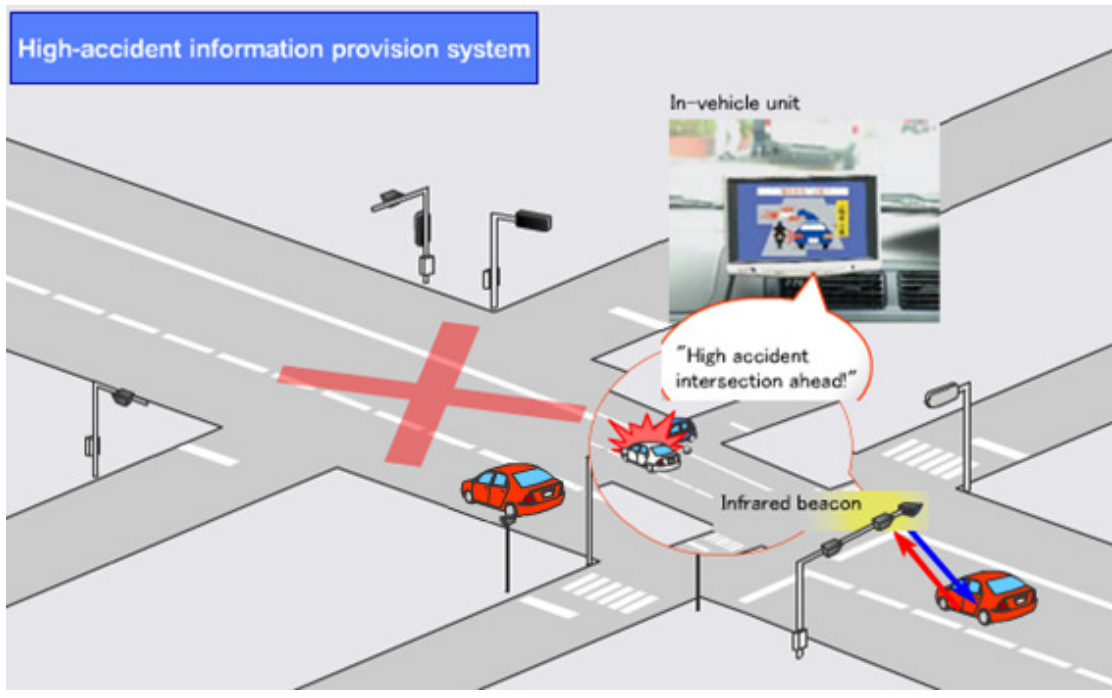
**Fig. 17 - Sistema EPMS.**

## **2.6.6 DSSS (*DRIVING SAFETY SUPPORT SYSTEMS*)**

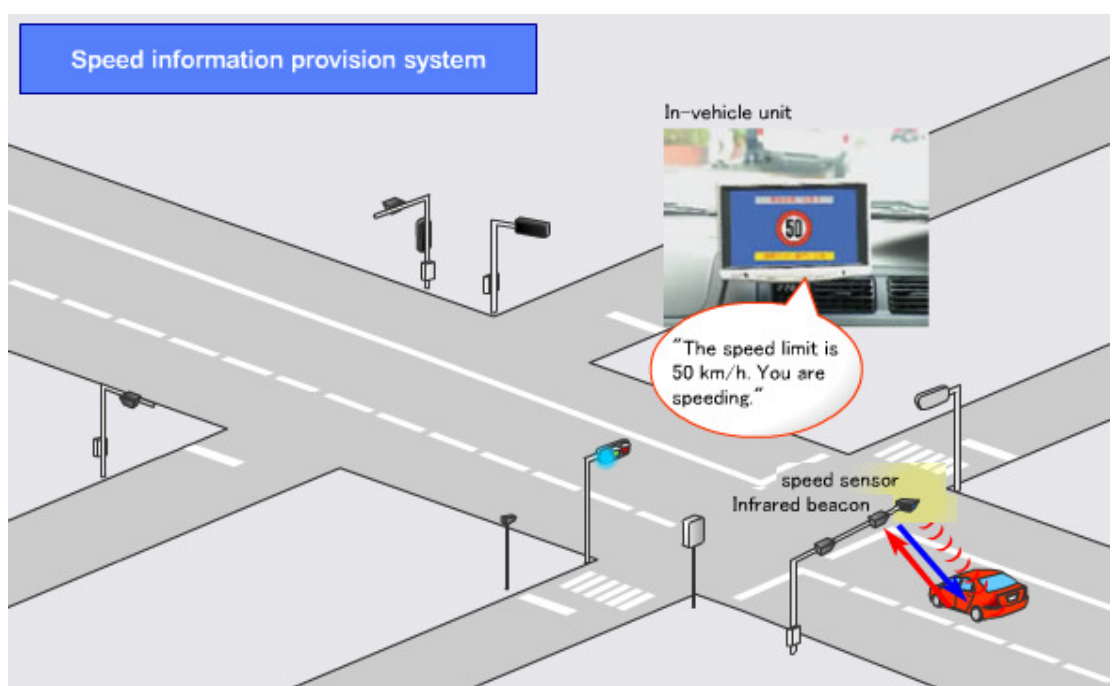
Prestar assistência aos condutores para conduzirem com segurança. Vários sensores espalhados nas vias são usados para detectar os carros, motos e peões que não estão à vista do condutor. Com base nessas informações, o DSSS (Fig.18) alerta os condutores via mensagem nos painéis de informações ou em unidades internas ao veículo.

### **2.6.6.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS**

- Reduzir os acidentes de trânsito nos cruzamentos;
- Diminua a carga nas tomadas de decisões do condutor;
- Aumentar a conscientização do condutor sobre a condução segura.



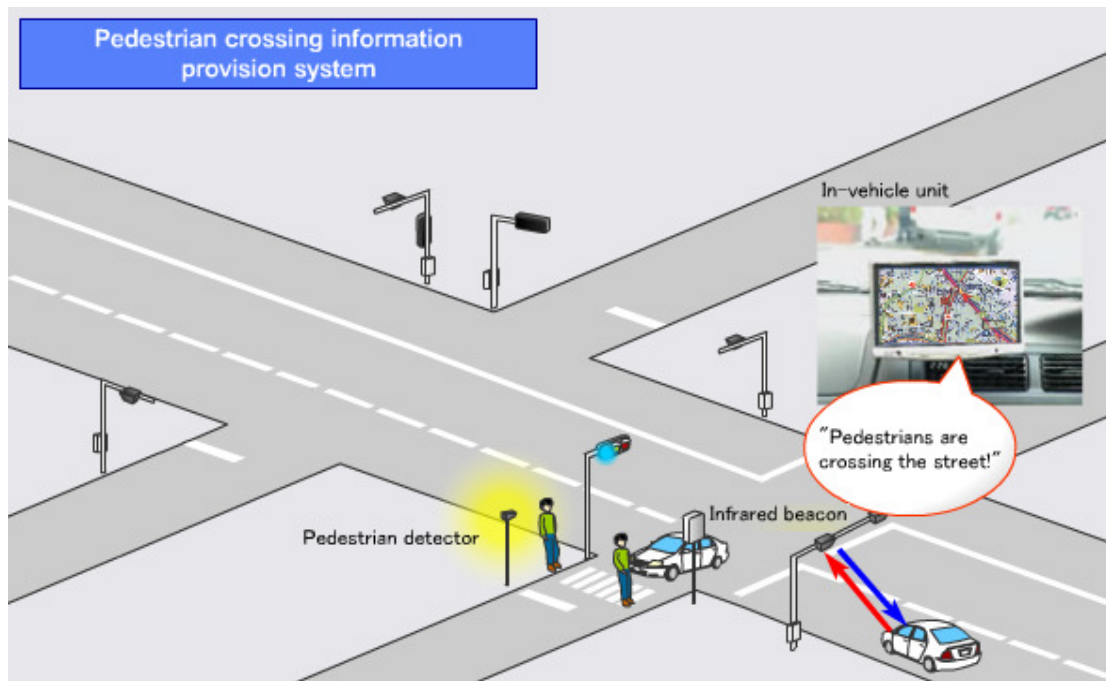
A) Ocorrência acidente.



B) Controlo velocidade.



C) Controlo anticollisão.



D) Passagem de peões.

Fig. 18 - Sistema DSSS: A) Ocorrência acidente; B) Controlo velocidade; C) Controlo anticollisão; D) Passagem de peões.

### 2.6.7 HELP (*HELP SYSTEM FOR EMERGENCY LIFE SAVING AND PUBLIC SAFETY*)

Assistir segurança para veículos de emergência, incluindo carros de polícia, bombeiros e veículos de serviço de estrada para realização de atividades de resgate imediato.

O sistema imediatamente reporta o relatório de informação para os organismos de resgate (Fig. 19), e no caso de uma emergência, como acidentes de trânsito, avarias de veículos, e doença súbita.

#### 2.6.7.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS

- Reduza o tempo iniciação da chamada;
- Reduzir o número de mortes em acidentes de trânsito;
- Minimizar os ferimentos graves;
- Previne acidentes secundários;
- Alivia a congestão do tráfego.

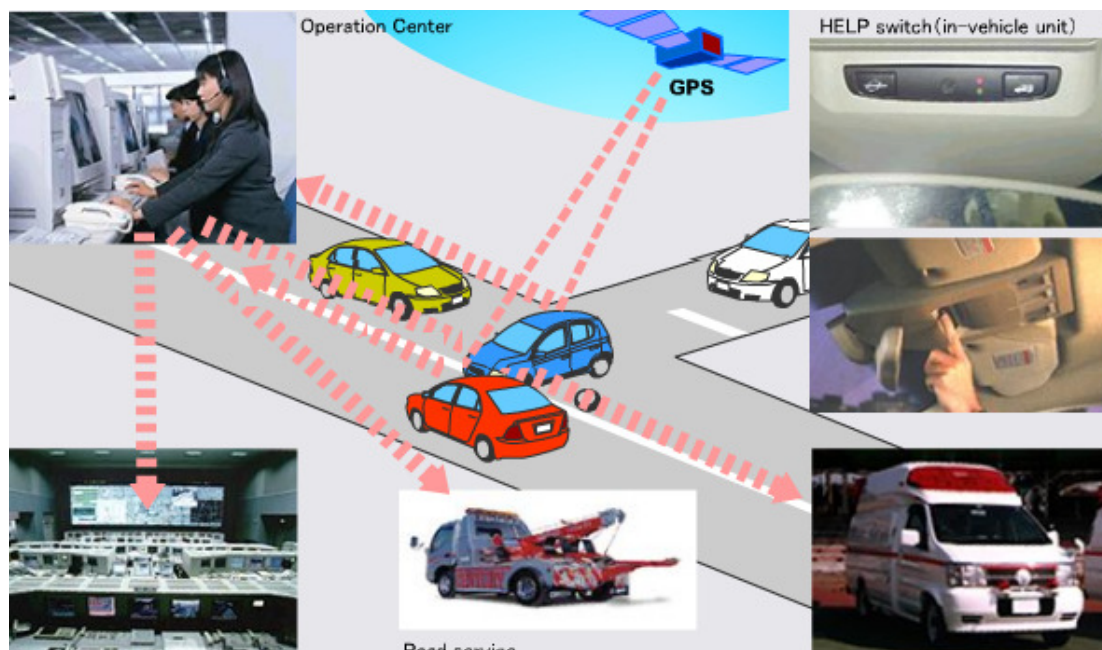


Fig. 19 - Sistema HELP.

## 2.6.7.2 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

Na Fig. 20, segue o quadro de configuração sistema com os passos numerados de acordo com a necessidade de utilização.

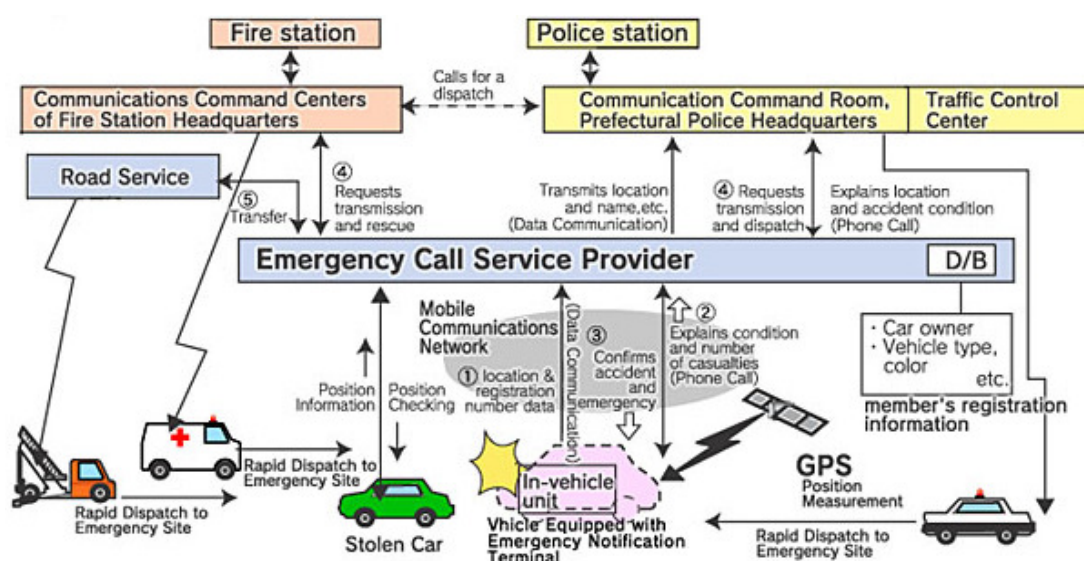


Fig. 20 - Quadro da configuração do sistema.

1. Transmite localização do veículo, número de registro de dados para o centro de ajuda.
2. Explica condição e o número de baixas em comunicação verbal.
3. O Centro de Ajuda confirma situações de acidente / emergência.
4. Explica a posição e a condição do acidente para as estações de polícia e bombeiros. Solicita assistência de emergência ao mesmo tempo, envia as informações adicionais e transfere a chamada do telefone do relator para estação de polícia e bombeiros, que então se comunica diretamente com o relator.
5. Solicita serviço rodoviário de acordo com o pedido do relator, no caso do veículo acidentado requeira reparação.
  - Aplicável também para a situação *busjack*;
  - Aplicável também para encontrar rapidamente veículos roubados.

## 2.6.8 PICS (*PEDESTRIAN INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS*)

Serviço de informações de peões e suporte dos sistemas de comunicação dos idosos e dos deficientes para se movimentarem com segurança. O PICS fornece informações precisas sobre a segurança da interseção com a voz.

A passagem do peão é feita através de refletores colocados na bengala ou em terminais auriculares dos deficientes, dos quais, se comunicam com os sensores colocados no poste dos semáforos, quando se aproxima do semáforo é automaticamente detectada e o semáforo passa para verde (como ilustra a Fig. 21).

### 2.6.8.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS

- Suporte para atravessar um cruzamento com precisão e segurança.

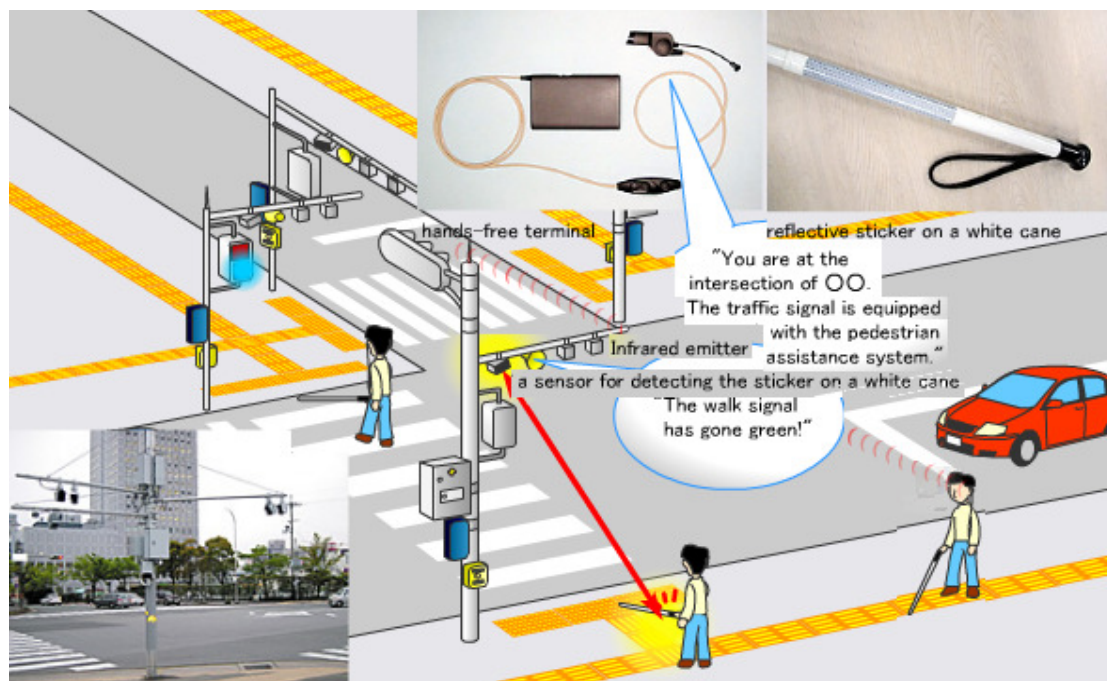


Fig. 21 - Sistema PICS.

## 2.6.9 FAST (*FAST EMERGENCY VEHICLE PREEMPTION SYSTEMS*)

O sistema assiste veículos de emergência para chegar ao local do acidente com maior rapidez possível. O FAST controla os sinais de trânsito para priorizar a condução de veículos de emergência, abrindo os semáforos na medida em que o veículo segue viagem (conforme ilustra a Fig. 22).

### 2.6.9.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS

- Melhorar a taxa de vidas salvas;
- Melhorar a taxa de prisão criminal;
- Prevenir acidentes de trânsito nos cruzamentos que envolvem veículos de emergência.

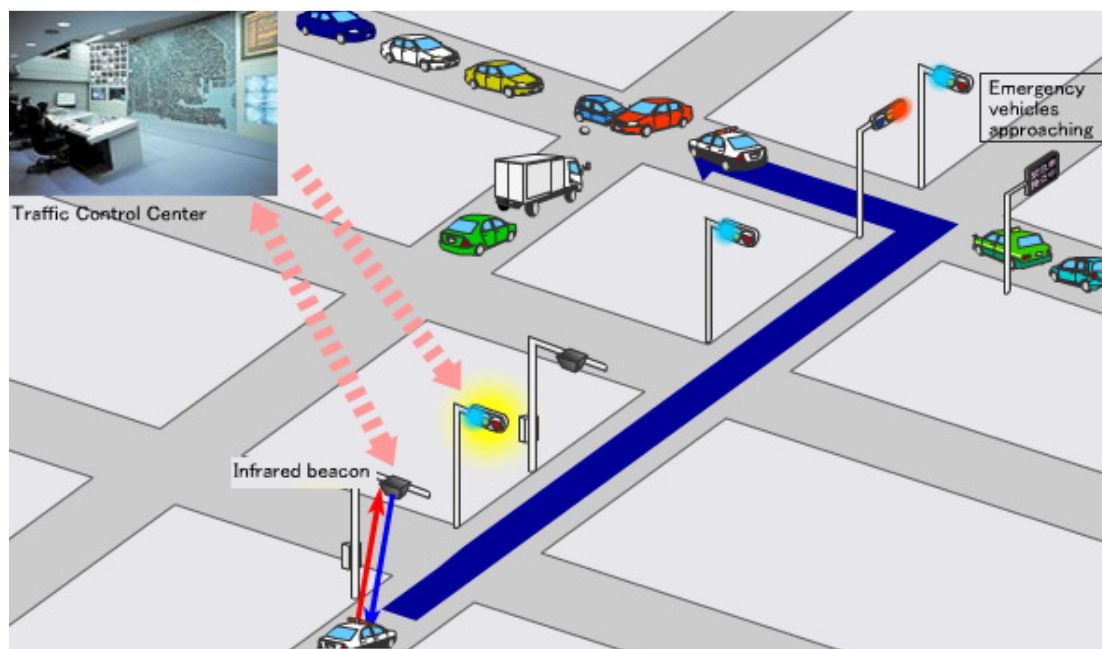


Fig. 22 - Sistema FAST.

## 2.6.10 DRGS (*DYNAMIC ROUTE GUIDANCE SYSTEMS*)

Ajuda o condutor a chegar aos seus destinos o mais rápido possível. Apesar de se manter a par da evolução das condições de tráfego, o DRGS (Fig. 23) proporciona o trajeto mais eficiente, tempo estimado de viagem, e assim por diante. O veículo recebe informações via GPS interno no carro qual o melhor caminho para seguir viagem.

### 2.6.10.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS

- Melhorar a conveniência do uso dos veículos;
- Reduzir o congestionamento do tráfego;
- Reduzir o tempo de viagem;
- Melhorar o ambiente (poupança de combustível, redução das emissões de exaustão).

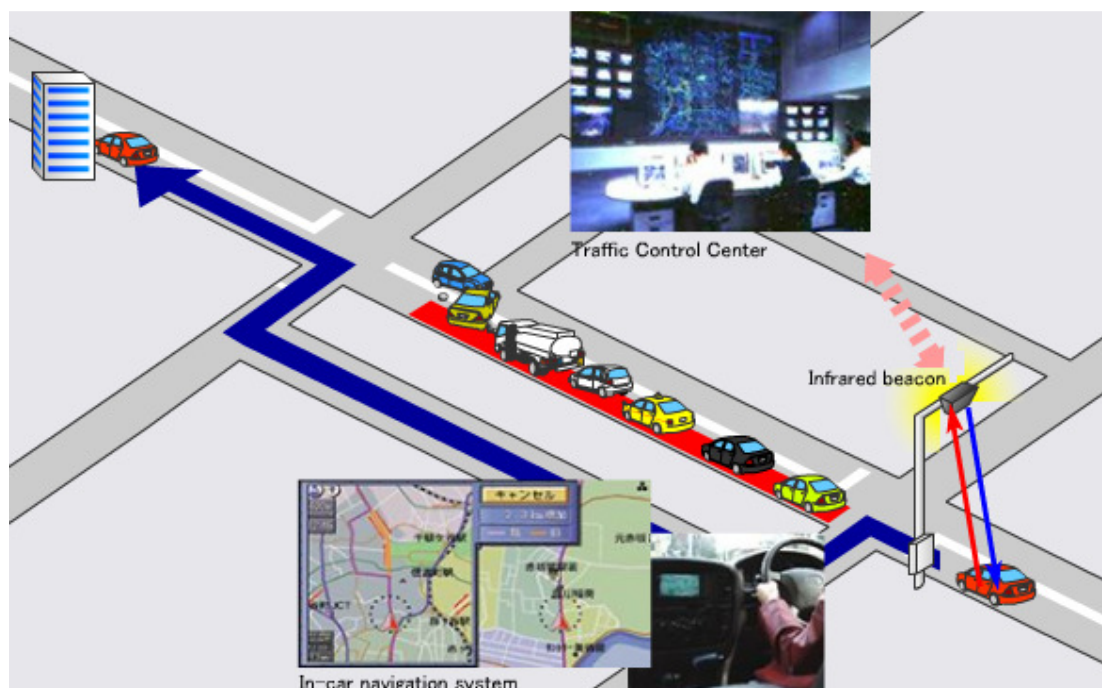


Fig. 23 - Sistema DRGS.

### 2.6.11 IIIS (INTELLIGENT INTEGRATED ITV SYSTEMS)

O sistema coleta informações de tráfego com base em imagens em tempo real. Ao utilizar a técnica de compressão digital de imagem, a imagem captada por câmaras de TV é transmitida às estações de polícia e aos Centros de Controlo de Tráfego para a avaliação do fluxo de tráfego.

Na Fig. 24, observa-se a existência de um veículo parado ilegalmente e um obstáculo na via, a câmara capta estas situações e é enviada uma ordem

para o veículo sair do local e posteriormente é enviado alguém ao local para retirada do obstáculo na via.

### 2.6.11.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS

- Reduzir os acidentes de trânsito;
- Reduzir o congestionamento do tráfego.

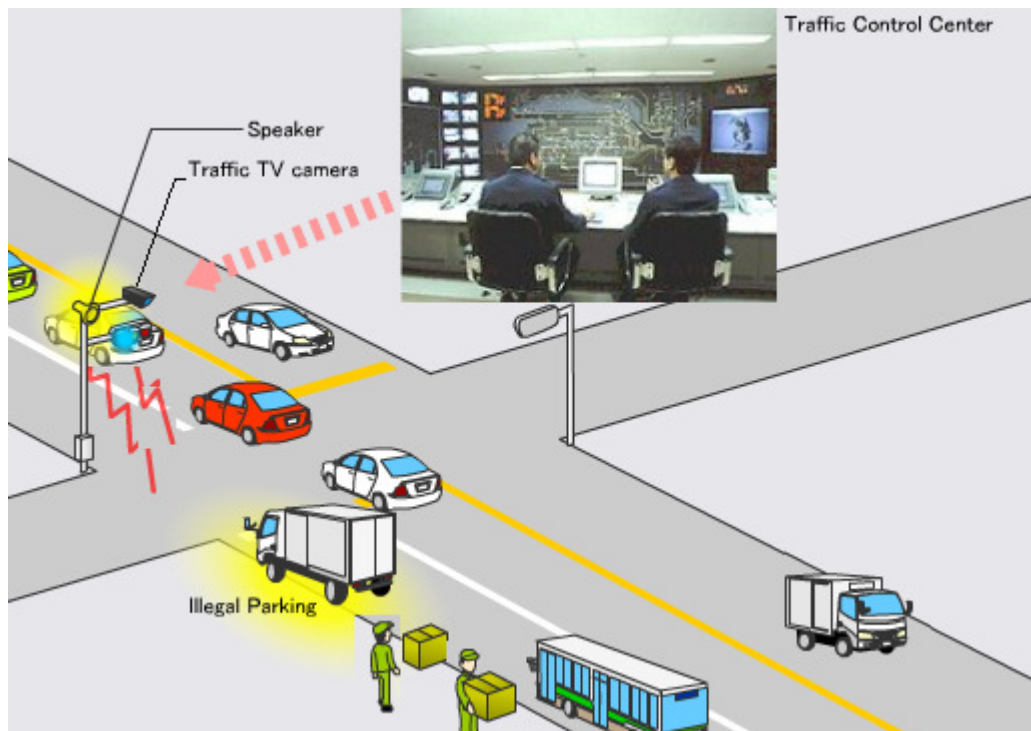


Fig. 24 - Sistema IIS.

## 2.7 CONTROLO DE ESTACIONAMENTO

Nas cidades é de extrema importância um controlo de estacionamento sinalizado, a informação de número de vagas instalado fora do estacionamento em pontos estratégicos facilidade ao condutor quando este está à procura de vagas livres e consequentemente melhora o fluxo na via por não se perder tempo tentando estacionar em um parque do qual já está lotado, e também fica um serviço mais atractivo para os condutores, incentivando estes a deixarem o carro nos parques e a partir deste ponto apanhar um transporte colectivo.

O controlo pode ser feito através de sensores e contadores (Fig. 25), tudo interligado a um sistema de controlo central responsável por enviar as informações aos painéis informativos (Fig. 26) instalados na entrada do estacionamento ou o envio de mensagem de texto via telemóvel para os condutores com a quantidade de vagas disponíveis.

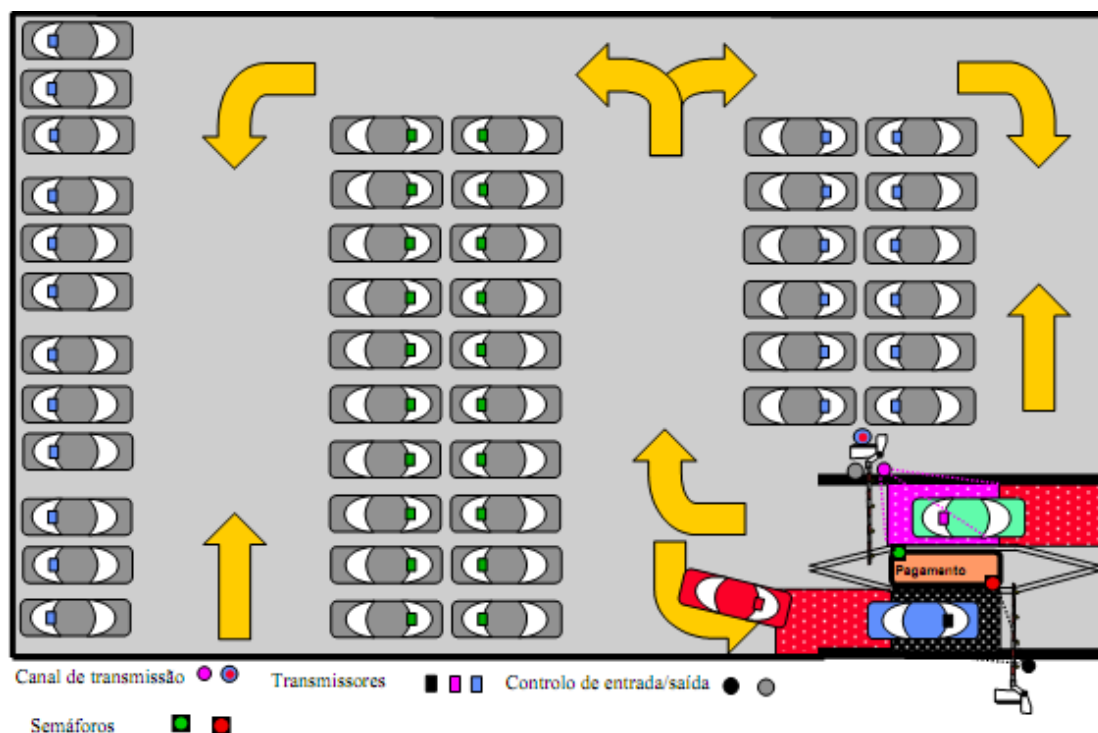


Fig. 25 – Parque com controlo integrado.



Fig. 26 - Painéis informativos.



## Percursos

# 726



Duração: 00:48 minutos

## Horários

Horário de Agosto

H	Minutos					
05	35					
06	00	12	24	35	46	57
07	08	19	30	41	52	
08	03	15	28	40	53	
09	05	18	31	45		
10	00	15	30	45		
11	00	15	30	45		
12	00	15	30	45		
13	00	15	30	45		
14	00	15	30	45		
15	00	15	30	45	59	
16	12	24	36	49		
17	02	15	28	41	54	
18	07	20	33	46	59	
19	14	29	44			
20	02	20	38	56		
21	17	38	59			
22	20	46				
23	13	40				

Fig. 28 - Percurso e horário da carreira 726.

## Percurso

# 746

## Horários



Duração: 00:36 minutos

Horário de Agosto

H	Minutos			
05	10	26	42	58
06	15	30	45	
07	00	15	30	45
08	01	17	33	49
09	05	21	37	53
10	09	25	41	57
11	13	29	45	
12	01	17	33	49
13	05	21	37	53
14	09	25	41	57
15	13	29	45	
16	01	17	33	48
17	03	18	33	48
18	03	17	32	46
19	02	18	34	50
20	06	22	38	55
21	12	29	49	
22	09	30		
23	00	30		

Fig. 29 - Percurso e horário da carreira 746.

### 3.2 MEDIDAS COLHIDAS

As medidas foram colhidas entre 17h30min e 19h do mês de Agosto, e foram às seguintes:

- Tempo informado no painel de informação (Fig. 3) da chegada dos autocarros escolhidos para verificação, do qual é fornecido pelo Sistema de Ajuda à Exploração e Informação aos Passageiros (SAEIP), apresentado na Fig. 2.
- Tempo real da chegada destes autocarros;

- Tempo da mudança de variações do semáforo, tempo de verde e vermelho. A Fig. 28, apresenta o local onde foram levantados os dados.



**Fig. 30 - Local da realização das medidas.**

### **3.2.1 MEDIDAS DAS CARREIRAS DE AUTOCARROS**

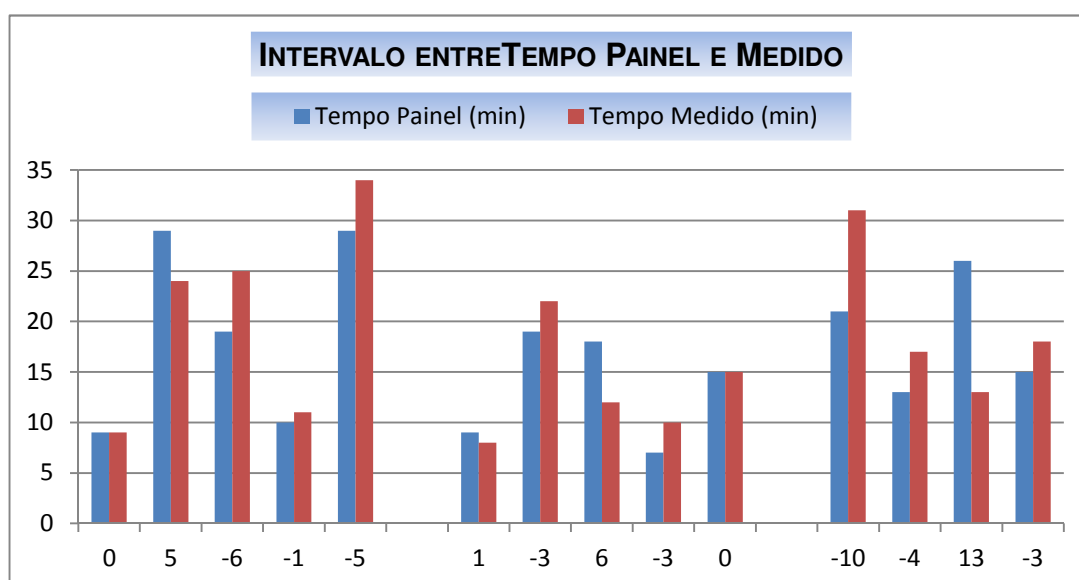
Os dados aqui apresentados serão abordados de acordo com as medidas coletadas que foram analisadas posteriormente. Em posse destes dados, foi possível verificar os seguintes casos:

- De modo geral existe de tudo entre os valores informados e medidos, desde valores bem diferentes até valores exactos.
- Passou autocarro do qual o sistema não recomeçou a contagem, continuou com o tempo que apresentava no painel;
- Ao sair o autocarro da paragem, o painel não actualizou a contagem para o próximo autocarro imediatamente, ficou a piscar a informação “1” por aproximadamente mais de um minuto após a saída do autocarro, para só aí, aparecer à nova contagem;
- Ocorreu caso em que dois autocarros chegarem ao mesmo tempo, neste caso nada pode fazer o painel, já que só apresenta um valor.

Abaixo será analisado cada carreira independentemente:

### ➤ Carreira 726

O Gráf. 1, mostra o tempo informado pelo painel e o medido em campo no eixo vertical, e no eixo horizontal apresenta a diferença entre eles, durante alguns dos dias de observação da carreira 726. O valor a negativo corresponde um atraso na chegada do autocarro, o positivo a um adiantamento na chegada do autocarro e a zero corresponde a chegada na hora exacta. Com estes valores podemos chegar às seguintes conclusões:

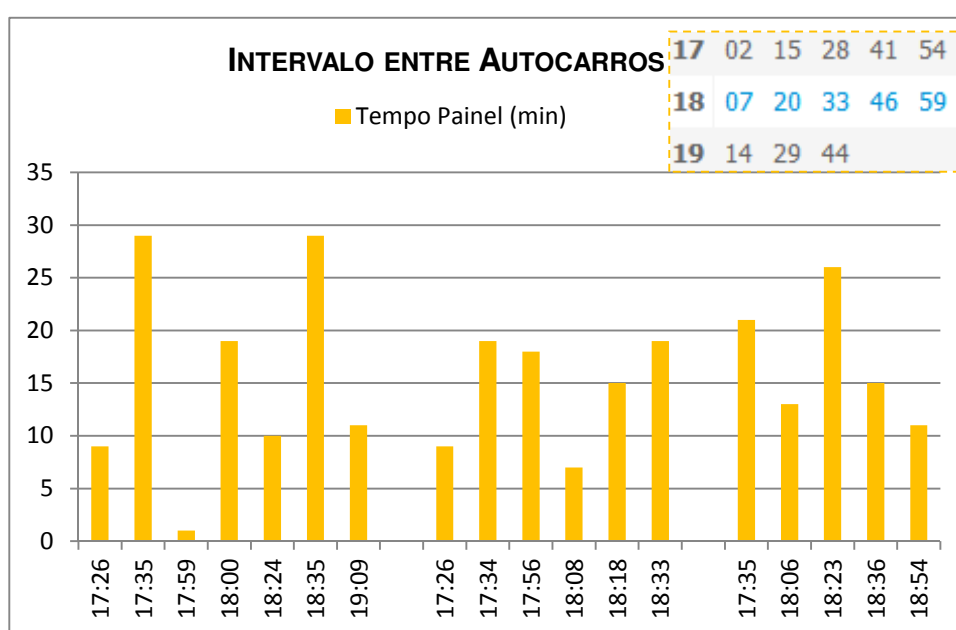


**Gráf. 1 - Intervalo entre tempo painel e tempo medido carreira 726.**

- A maioria dos tempos informados no painel de informação não correspondeu ao tempo real da chegada do autocarro, ou seja, o autocarro demora mais tempo do que o indicado no painel (valores negativos).
- Também ocorreram casos do autocarro chegar antes do tempo informado no painel de informações (valores positivos).
- Assim como também tempos correctos, ou com pouca diferença de tempo (valores entre -1 e 1).

O Gráf. 2, mostra a hora que passaram os autocarros na paragem desta carreira com o respectivo tempo para o próximo autocarro durante alguns dos dias de observação.

De acordo com o horário da carreira (horários apresentados no canto superior direito do Gráf. 2) deveriam passar cinco autocarros entre às 18h-19h, porém como é possível observar abaixo, em nenhum dos dias chegaram a passar cinco autocarros neste período.

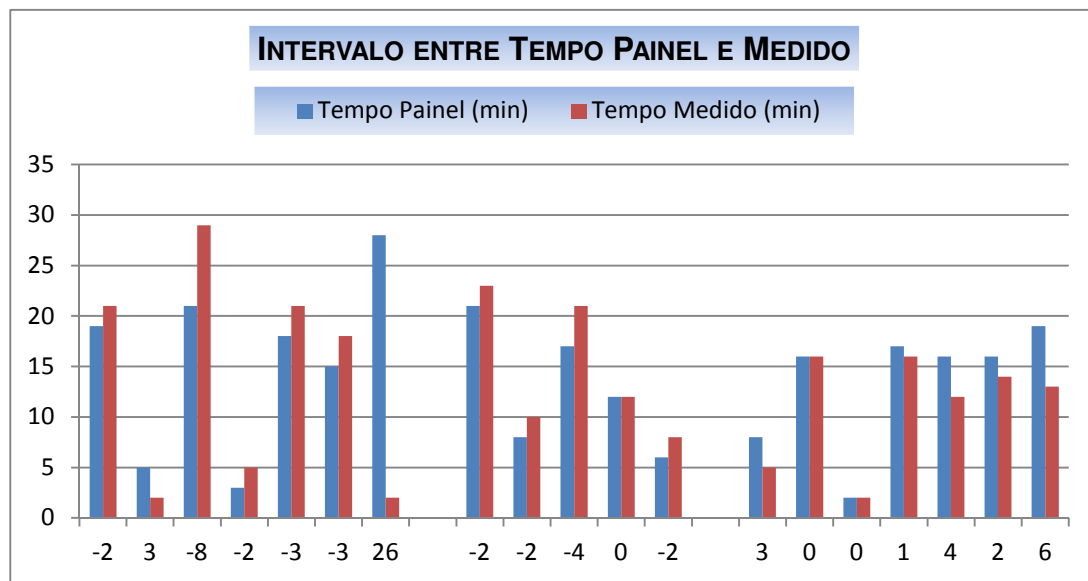


**Gráf. 2 - Horário de passagem dos autocarros carreira 726.**

Nesta carreira ocorreu de chegar dois autocarros quase ao mesmo tempo, um às 17h59min e logo em seguida outro às 18h, ainda quando o primeiro estava na paragem, e o painel estava a pensar para mostrar o novo tempo de espera, chegou o outro autocarro, depois de um tempo o painel mostrou o novo tempo de espera.

### ➤ Carreira 746

O Gráf. 3, mostra o tempo informado pelo painel e o medido em campo no eixo vertical, e no eixo horizontal apresenta a diferença entre eles, durante alguns dos dias de observação da carreira 746. O valor a negativo corresponde um atraso na chegada do autocarro, o positivo a um adiantamento na chegada do autocarro e a zero corresponde a chegada na hora exacta. Com estes valores podemos chegar às seguintes conclusões:

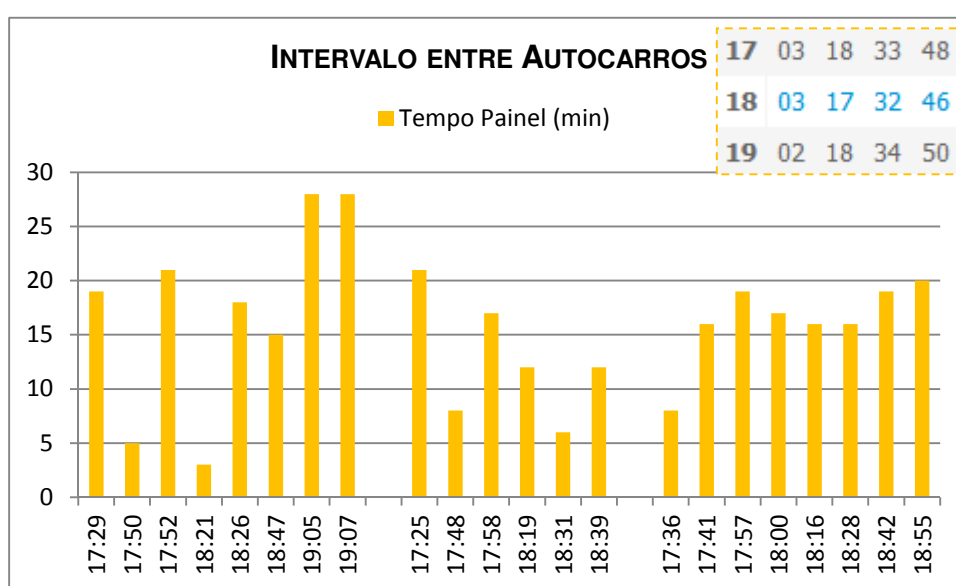


**Gráf. 3 - Intervalo entre tempo painel e tempo medido carreira 746.**

- Nesta carreira os tempos do painel e os tempos medidos foram na maioria aproximadamente ao tempo medido.
- Com uma excepção no ponto que teve um atraso de 8min e no ponto onde teve um adiantamento de 26min.
- No caso do adiantamento de 26min, ocorreu do painel apresentar 28 minutos para o próximo autocarro, no entanto chegou um autocarro 2 minutos depois e o painel não recomeçou a contagem, continuou a contagem normalmente como se não tivesse passado um autocarro.

O Gráf. 4, mostra a hora que passaram os autocarros na paragem desta carreira com o respectivo tempo para o próximo autocarro durante alguns dos dias de observação.

Nesta carreira passaram todos os autocarros do qual deveriam passar de acordo com o horário da carreira (horários apresentados no canto superior direito do Gráf. 4), com umas variações no tempo de passagem, porém aceitáveis.



Gráf. 4 - Horário de passagem dos autocarros carreira 746.

Ocorreu de chegar um autocarro às 19h05min e outro às 19h07min e o painel continuar a contagem que estava a apresentar sem ter actualizado no painel.

➤ **Observações e Melhorias a adoptar**

Foi possível ver mais de uma vez acontecer de o painel ficar a mostrar o número “1” a piscar após a saída do autocarro da paragem, ou seja, não actualizar a contagem rapidamente. Também o tempo informado no painel não ser o tempo correcto ao da chegada do autocarro, assim como, passar autocarro sem recomeçar a contagem do painel de informação.

As pessoas devem ser informadas que este tempo é uma estimativa, já que nem sempre o autocarro chega dentro do tempo que foi informado. Os equipamentos envolvidos neste percurso devem ser verificados em busca de possíveis falhas no mesmo.

Em relação ao atraso dos autocarros, se não existir um corredor exclusivo para eles e nem semáforos de preferência em todo o percurso da carreira, dificilmente conseguirá chegar dentro da hora prevista nos horários de maior movimento.

### **3.2.2 MEDIDAS NO SEMÁFORO**

No Gráf. 5, 7, 9, apresentam os tempos de vermelho e verde do semáforo, na sequência vermelho-verde e assim sucessivamente até a última medida levantada.

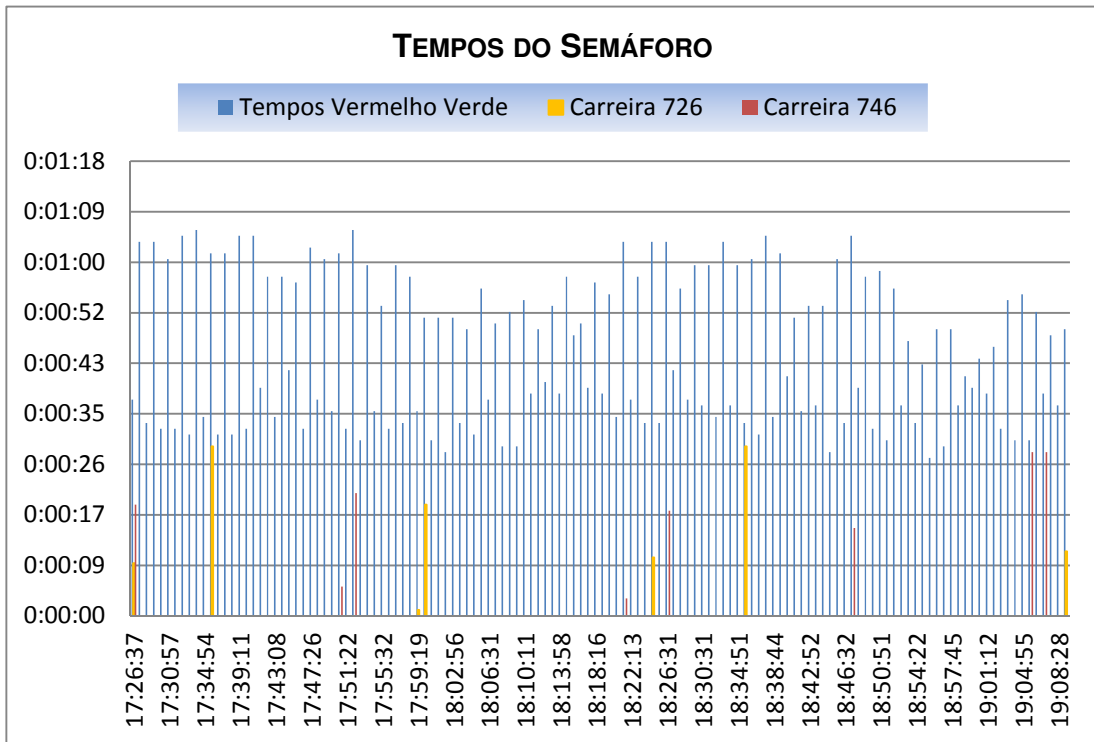
No eixo vertical estão os tempos correspondentes ao tempo de vermelho e verde, e no horizontal estão os horários das medidas. A cada horário de passagem do autocarro na paragem, está associado um valor correspondente ao horário do próximo autocarro mostrado no painel de informação, do qual no gráfico, apresenta em segundos no eixo vertical, admitindo uma relação 1s corresponder a 1min, tem-se o tempo do próximo autocarro em minutos.

Abaixo os gráficos serão analisados individualmente, correspondentes aos três dias diferentes, em relação aos tempos de vermelho e verde, e a passagem das carreiras 726 e 746 neste período.

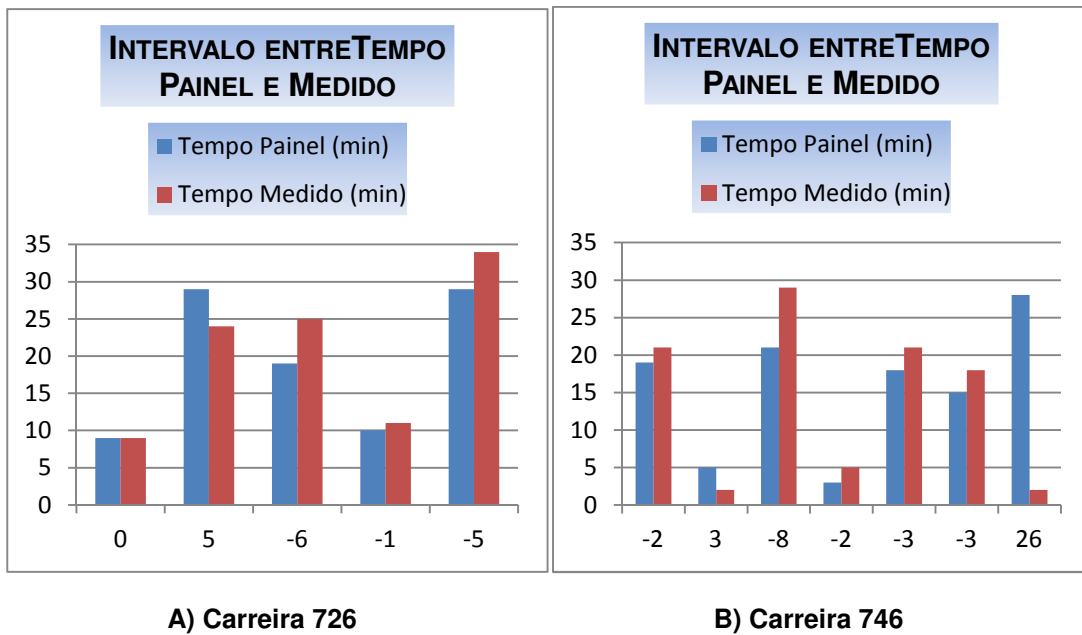
## 1º dia:

O Gráf. 6, apresenta os intervalos entre os tempos de chegada dos autocarros na paragem, foi implementado no Gráf. 5 estes intervalos entre as passagens dos autocarros na paragem de acordo com o Gráf. 6, podendo ser observado os seguintes intervalos:

- 17h26min - 17h34min - 17h52min: Os valores dos tempos de verde observados dão-nos conta de alterações dinâmicas aos valores previstos na programação estática. Significa que se registaram incidentes na zona que levaram o sistema a reagir e a tomar decisões em defesa da fluidez da zona. Os tempos máximos de verde foram conseguidos devido ao estado aceitador daquele troço viário (taxa de procura relativa ou grau de regulação está a aproximar-se do máximo) e simultaneamente dos estados dos troços concorrentes (taxas de procura relativa ou grau de regulação está a aproximar-se do mínimo). Certamente que desta gestão dinâmica beneficia ou não os autocarros que se aproximam, dependendo da origem e destino dos mesmos.
- 17h52min - 18h26min: no intervalo anterior como os tempos de verde estavam a maioria a máximos o primeiro autocarro 742 chegou antes do previsto, porém neste intervalo o tempo de vermelho subiu bastante, ocasionando um atraso em ambas as carreiras seguintes.
- 18h26min - 18h46min - 19h08min: podemos perceber que o ciclo do verde aumentou no início do intervalo para tentar eliminar o atraso ocasionado anteriormente, o 742 conseguiu eliminar este atraso, e o 746 conseguiu diminuir o atraso, porém, depois volta a aumentar o vermelho, ocasionando novamente o atraso principalmente na carreira 726, e por fim chega na carreira 746 2 autocarros praticamente iguais.



Gráf. 5 - Tempos do semáforo.

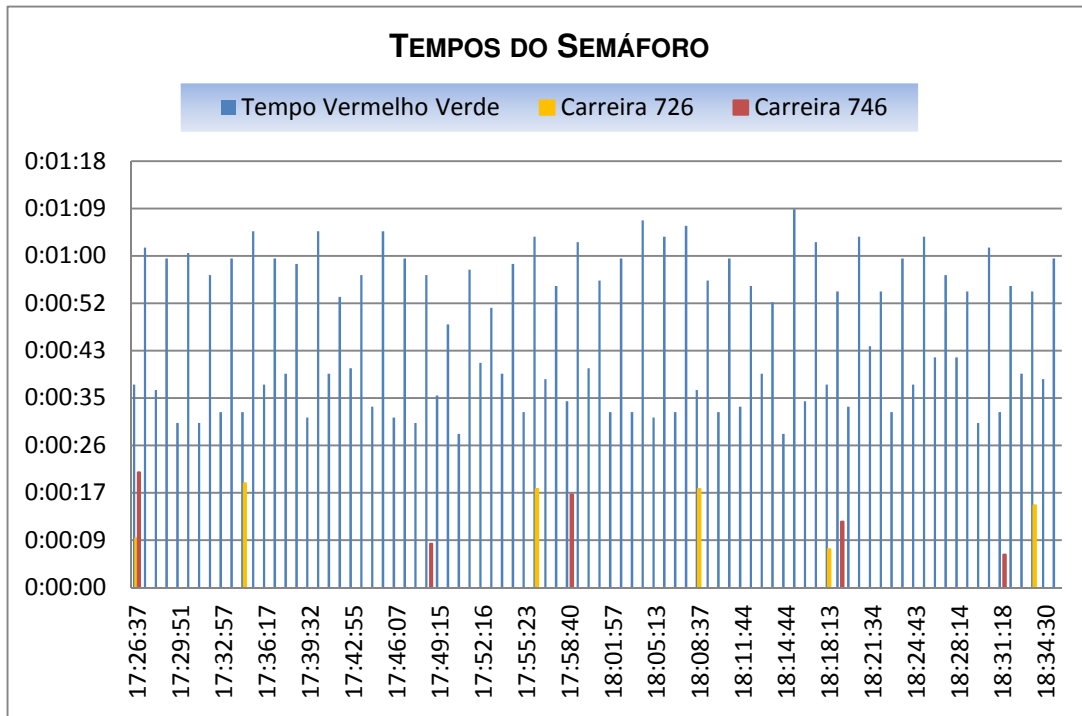


Gráf. 6 - Intervalo entre tempo painel e tempo medido das carreiras: A) Carreira 726; B) Carreira 746.

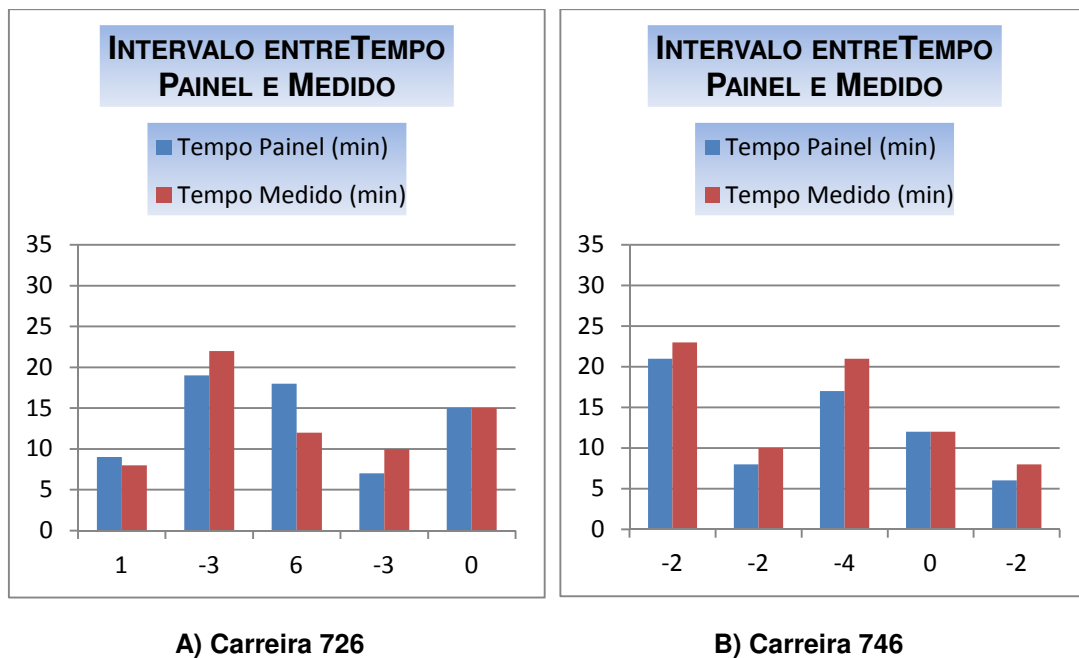
## 🚦 2º dia:

O O Gráf. 8, apresenta os intervalos entre os tempos de chegada dos autocarros na paragem, foi implementado no Gráf. 7 estes intervalos entre as passagens dos autocaros na paragem de acordo com o Gráf. 8, podendo ser observado os seguintes intervalos:

- 17h26min - 17h48min - 17h58min: percebemos que no início o ciclo de verde possui valores quase no máximo, ajudando com que o autocarro 726 chegue antes do tempo estipulado, e depois ocorre uma subida no valor do tempo do verde ao máximo para tirar o atraso no 746, no entanto volta a baixar o tempo do verde, continuando o atraso no 746. Na segunda parcial o verde tenta subir, tentando diminuir o atraso no 746 e do 726, indo ao valor máximo de verde, mas mesmo assim, ainda chegam com atraso.
- 17h58min - 18h34min: percebemos os tempos de verde continuarem altos, chegando ao máximo e conseguindo eliminar o atraso do 726, inclusive chegando antes do previsto, porém volta a diminuir o tempo de verde devido ao tráfego não exigir valores altos e depois volta a aumentar seus valor tentando eliminar o atraso do 746, do qual chega atrasado tanto ele como o próximo 726. Após volta a subir o tempo de verde respondendo ao aumento do tráfego nesta hora, assim, ajudando a eliminar o atraso nas duas carreiras.



Gráf. 7 - Tempos do semáforo.

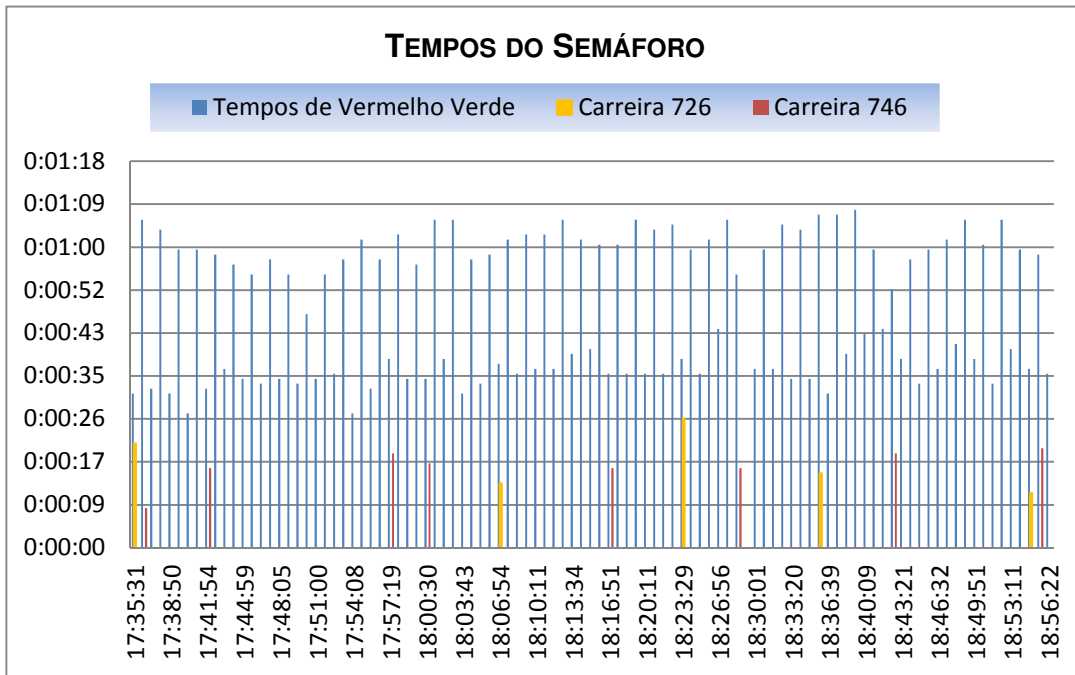


Gráf. 8 - Intervalo entre tempo painel e tempo medido das carreiras: A) Carreira 726; B) Carreira 746.

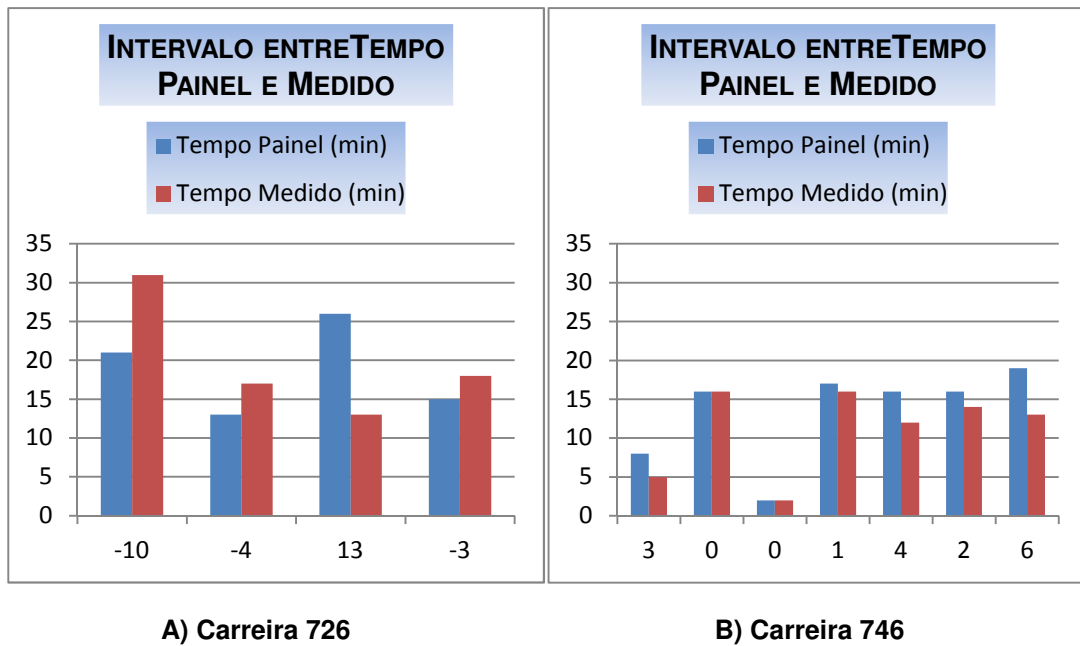
### 3º dia:

O Gráf. 10, apresenta os intervalos entre os tempos de chegada dos autocarros na paragem, foi implementado no Gráf. 9 estes intervalos entre as passagens dos autocarros na paragem de acordo com o Gráf. 10, podendo ser observado os seguintes intervalos:

- 17h56min - 18h06min: percebemos que o ciclo de verde decresce respondendo ao tráfego na hora, não afetando o autocarro 746 que estava adiantado, fazendo com que três carreiras seguidas cheguem dentro do horário estipulado. No entanto, depois sobe em alguns pontos ao máximo o ciclo do verde, mas mesmo assim, a carreira 726 acaba chegando com muito atraso.
- 18h06min - 18h28min: a subida dos tempos de verde acaba por melhorar o atraso no 726, enquanto o 746, continua no tempo correcto.
- 18h28min - 18h56min: devida uma diminuição no tráfego, ocorre uma queda do tempo de verde, após volta a subir, causando o adiantamento no 726 e no 746. Após isso volta a descer o verde e pouco depois sobe novamente. O autocarro 746 chegou adiantado e encontramos melhorias no atraso do 726.



**Gráf. 9 - Tempos do semáforo.**



**Gráf. 10 - Intervalo entre tempo painel e tempo medido das carreiras: A) Carreira 726; B) Carreira 746.**

### ➤ **Observações e Melhorias a adoptar**

Como era de esperar, os tempos não são constantes, significa que o sistema de controlo semafórico está a funcionar, pois de acordo com a quantidade de carros a passar no troço, ele actua adequando os tempos de verde e vermelho de acordo com o fluxo, e de acordo também com o fluxo do outro semáforo do cruzamento.

Foi possível observar o semáforo a trabalhar melhorando o fluxo do tráfego e acabando por ajudar as carreiras de autocarros, mesmo sem ter o módulo de prioridade para transportes colectivos activos neste local, o semáforo actuou melhorando o tempo de percurso das carreiras, significando que se o módulo de prioridade ao transporte público estivesse implementado, estas ajudas seriam executadas a pedido.

## 4 CONCLUSÃO

É possível observarmos que a cada dia que passa mais e mais viaturas enchem as ruas de todas as cidades, ocasionando congestionamentos e piorando bastante o ar que respiramos, com estes sistemas de controlo de tráfego, podemos observar melhorias consideráveis para o fluxo de transportes, os peões, e para o ar que respiramos.

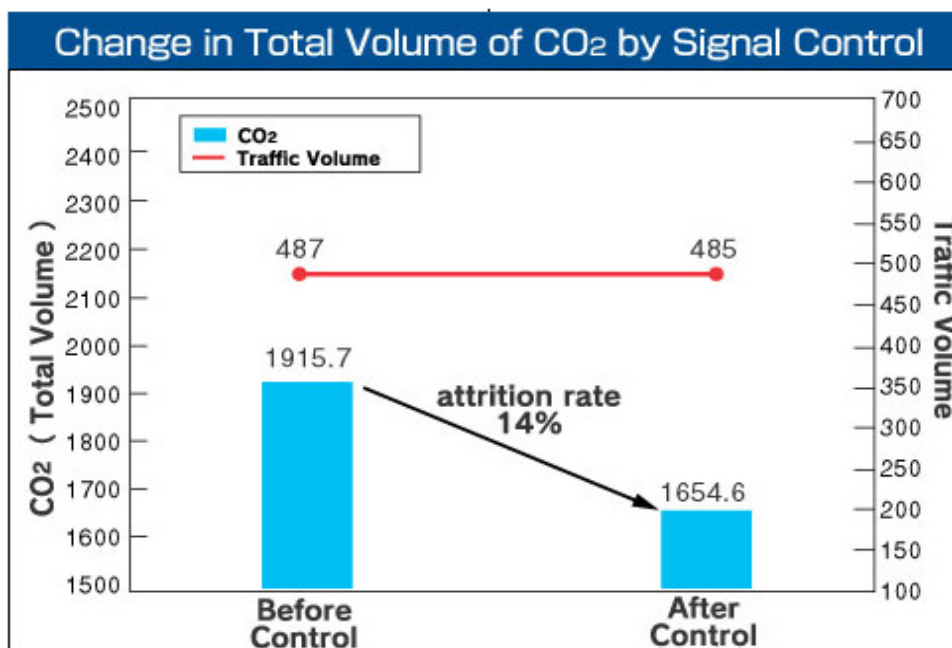
Os sistemas se adequam as necessidades de cada cidade, é preciso fazer um estudo do fluxo do tráfego, das passagens de peões em cada rota que se pretende colocar o sistema em funcionamento, assim como, política de educação da população para usarem mais transportes públicos.

Na Tab. 2, podemos verificar as vantagens apresentadas após a troca do sistema antigo de tráfego, que consistia em semáforos com tempo fixo, para o sistema SCOOT, proporcionando uma melhoria considerável nos tempos de atraso e de viagem, e no consumo de combustível.

Cidades	Vantagem sobre o método anterior (%)		
	Atraso	Tempo de viagem	Consumo de combustível
<b>São Paulo, Brasil</b>	<b>0 - 40</b>	-	-
<b>Nijmegen, Holanda</b>	<b>25</b>	<b>11</b>	-
<b>Toronto, Canadá</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>5,7</b>
<b>Beijin, China</b>	<b>15 - 41</b>	<b>2 - 16</b>	-
<b>Worcester, Inglaterra</b>	<b>7 - 18</b>	<b>15 - 32</b>	-
<b>Londres, Inglaterra</b>	<b>19</b>	<b>6 - 8</b>	-

**Tab. 2 – Vantagens com sistema SCOOT.**

No Gráf. 11, é possível vermos a emissão de CO<sub>2</sub> antes e depois da implantação do sistema EPMS no Japão, tendo havido uma redução de 14% nas emissões de poluentes, assim, comprovando sua eficiência.



Gráf. 11 - Emissões de CO2 antes e depois do EPMS.

Na região de Lisboa, a concentração das actividades e a sobreposição de funções regionais, nacionais e internacionais, criaram uma procura de transporte elevada e complexa. As viagens caracterizam-se de forma diferente consoante os motivos que as determinam.

Na cidade de Lisboa foi possível observar o sistema de controlo de tráfego em funcionamento. O sistema de controlo dos semáforos, assim como sistema de informações do tempo de chegada dos autocarros aos passageiros.

Podemos imaginar a possibilidade de transformar em reais solicitações do sistema de controlo os indicadores de desempenho dos transportes. Assim, em todas as portas da cidade onde o sistema está disponível ou a sua instalação se prevê a curto prazo, se a velocidade do transporte público começar a degradar-se, o sistema actuará de forma a tomar decisões em defesa da qualidade de serviço na zona, limitando a entrada de veículos.

O sistema de semáforo está actuando de acordo com o tráfego que passa na via, como é possível observar no Graf. 5, 7 e 9. Nem sempre é possível favorecer todas no mesmo troço, assim como, podem ocorrer casos em que ao favorecer um lado prejudica o outro, tendo que escolher uma melhor solução em conjunto para um determinado troço.

Lembrando que para ter um total uso desta inteligência, é ideal que exista o semáforo inteligente em todo o percurso e em todos os sentidos do cruzamento, pois os semáforos dos cruzamentos “conversam” entre eles. Semáforo dos quais devem está integrado no sistema GERTRUDE, que compreende o *software* adicional nas acções de microregulação, bem como as ligações aos detectores de prioridade instalados na via pública. Estes detectores activos têm a missão de proceder ao reconhecimento dos autocarros e fazer o seu enquadramento face ao diagrama de *Gantt* do cruzamento semaforico mais próximo.

Conhecida a situação de tráfego na zona envolvente, haverá todas as condições para o accionamento dos algoritmos que vão condicionar a gestão semaforica na prioridade aos transportes públicos naquela zona, do mesmo modo que acontece em algumas zonas da cidade.

O sistema de informações dos autocarros possui alguns erros a levar em consideração, como o tempo não coincidir com o tempo real da chegada do mesmo, devendo creditar isso ao tráfego que o autocarro pega até chegar ao seu destino. Assume-se também que estes tempos não são totalmente correctos, são tempos estimados.

Futuramente para Lisboa poderá ser estudado novos corredores exclusivos nas vias para os autocarros, implantação de mais semáforos inteligentes nas vias, implantação de novas funcionalidades para o controlo do tráfego que não existam em funcionamento, como construção de uma base de dados única e a implementação de plataforma integradora capaz de por todas as aplicações a comunicar entre si, incluindo a ligação ao Sistema de Controlo

de Tráfego e ao módulo de prioridade ao transporte público. Também poderá se estudado a viabilidade de trocar algumas carreiras de autocarro por VLT (veículos leves sobre trilhos), e também aumento da rede do metropolitano.

Os sistemas de controlo de tráfego melhoram substancialmente o tráfego nas cidades, mas não obram milagres, ou seja, não adianta investir em sistemas e a população não colaborar com o tráfego nas cidades, quanto mais carros nas cidades piores os níveis de melhoramento dos sistemas de controlo.

A população também tem que contribuir para uma cidade menos caótica no trânsito e menos poluente, para isso, devem usar mais os transportes públicos deixando os seus carros em casa ou nos parquímetros colocados em pontos estratégicos próximos dos acessos aos transportes públicos.

Sem dúvida os sistemas de controlo de tráfego são uma ajuda imprescindível no combate ao trânsito caótico nas grandes cidades, não sendo imaginável nos tempos de hoje pensarmos numa cidade sem eles. Os seus resultados são possíveis de se ver tanto para o fluxo dos transportes como para o fluxo dos pedestres, e também para o ar que respiramos em todas as cidades da qual exista um sistema desde porte em funcionamento.

## BIBLIOGRAFIA

DÍAZ, Oscar; González Palomas; Christian Jamet. *Urban transportation and environment = transport urbain et environnement = transporte urbano y medio ambiente*. Rotterdam: A. A. Balkema, 2000. *Proceedings of the International Conference CODATU IX Mexico City*. Mexico 11-14 April 2000

ROESS, Roger P.; Roger P. Roess; William R. McShane; Elena S. Prassas. *Traffic engineering*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998

O'FLAHERTY, C. A.. *Transport planning and traffic engineering*. C. A. O' Flaherty. - London: Arnold, 1997.

[3]VIEIRA, Manuel Augusto. *Sinalização e gestão de tráfego*. Lisboa: 2008.

CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA. **Planeamento Lisboa: o desafio da mobilidade**. Disponível em: <http://ulisses.cm-lisboa.pt/data/002/002/pdf/mobilidade.pdf>. Acesso em: 04 de Mar. 2011.

UNIVERSAL TRAFFIC MANAGEMENT SOCIETY OF JAPAN. Disponível em: **Erro! A referência da hiperligação não é válida.**. Acesso em 10 de Mar. 2011.

PEDESTRIAN CROSSINGS. *Types of pedestrian crossings*. Disponível em: [http://www.devon.gov.uk/index/transport/traffic/pedestrian crossings/types of pedestrian crossings.htm](http://www.devon.gov.uk/index/transport/traffic/pedestrian%20crossings/types%20of%20pedestrian%20crossings.htm). Acesso em: 25 de Mar. De 2011.

SCOOT ADVICE LEAFLETS. *Advice Leaflet 1: The SCOOT urban traffic control system*. Disponível em: <http://www.scoot-utc.com/AdviceLeaflets.php?menu=Reference>. Acesso em 10 de Abr. de 2011.

SCOOT ADVICE LEAFLETS. *Advice Leaflet 2: congestion management in SCOOT*. Disponível em: <http://www.scoot-utc.com/AdviceLeaflets.php?menu=Reference>. Acesso em 10 de Abr. de 2011.

SCOOT ADVICE LEAFLETS. *Advice Leaflet 3: SCOOT control of pedestrian facilities*. Disponível em: <http://www.scoot-utc.com/AdviceLeaflets.php?menu=Reference>. Acesso em 10 de Abr. de 2011.

SCOOT ADVICE LEAFLETS. *Advice Leaflet 4: bus priority in SCOOT*. Disponível em: <http://www.scoot-utc.com/AdviceLeaflets.php?menu=Reference>. Acesso em 10 de Abr. de 2011.

SCOOT. *Results & case studies*. Disponível em: <http://www.scoot-utc.com/GeneralResults.php?menu=Results>. Acesso em 10 de Abr. de 2011.

G.E.R.T.R.U.D.E. *Operation and control of the system G.E.R.T.R.U.D.E.*. Disponível em: [http://www.gertrude.fr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=11&Itemid=11](http://www.gertrude.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=11&Itemid=11). Acesso em 15 de Mar. De 2011.

AUTARQUIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO, SERVIÇOS PÚBLICOS E DE CIDADANIA DE FORTALEZA. **CTAFOR**. Disponível em: <http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br/modules/wfchannel/index.php?pagenum=23>. Acesso em 05 de Dez. de 2010.

AUTARQUIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO, SERVIÇOS PÚBLICOS E DE CIDADANIA DE FORTALEZA. **CTAFOR**. Disponível em: <http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br/modules/wfchannel/index.php?pagenum=21>. Acesso em 05 de Dez. de 2010.

## GLOSSÁRIO

**AMIS** (*Advanced Mobile Information Systems*) - sistema que fornece informações em tempo real exigidos pelo condutor.

**ASTRID** (*Automatic SCOOT Traffic Information Database*) - base de dados do sistema SCOOT.

**AVL** (*Automatic Vehicle Location*) - detectores de autocarro.

**CITFOR** (Controlo Integrado de Transporte de Fortaleza) - sistema de gestão e monitoramento de frotas e informação ao passageiro em tempo real.

**CTAFOR** (Controlo Tráfego da Área de Fortaleza) – sistema de controlo de tráfego, tornando-o mais racional.

**DRGS** (*Dynamic Route Guidance Systems*) - sistema que obtém o caminho mais rápido para o condutor.

**DSSS** (*Driving Safety Support Systems*) - sistema de prestação de controlo de segurança para os condutores.

**EPMS** (*Environment Protection Management Systems*) - sistema de redução de gases poluentes.

**FAST** (*Fast Emergency Vehicle Peemption Systems*) - sistema de prioridade para veículos de emergência.

**GERTRUDE** (Gestão Electrónica de Regulação do Tráfego Rodoviário Urbano Desafiando os Engarrafamentos) - sistema centralizado, em tempo real, modular e hierárquico.

**HELP** (*Help system for Emergency Life saving and Public safety*) - sistema de emergência com maior rapidez.

**ICTS** (*Integrated Traffic Control Systems*) - sistema integrado de controlo de tráfego.

**IIIS** (*Intelligent Integrated ITV systems*) - sistema de coleta de imagens do tráfego em tempo real.

**INGRID** - sistema de detecção automática de incidentes em tempo real que usa algoritmos para detecção de incidentes.

**LPU** (*Link Profile Units*) - dados processados na unidade interna do detector SCOOT. É um híbrido de fluxo e ocupação, do qual o fluxo no LPU pode

estar relacionado ao fluxo de veículos através da utilização de um fator adequado de conversão LPU.

**MOCS** (*Mobile Operation Control Systems*) - sistema de controlo de frotas.

**PELIGAN** (*Pedestrian Light Control*) - cruzamentos para peões com sinais luminosos para controlar a passagem, sinais vermelho/âmbar/verde para veículos e sinais “homem vermelho” /verde para peões, com um botão de pressão para o peão ativar o sinal para travessia.

**PICS** (*Pedestrian Information and Communication Systems*) - sistema de comunicação para peões.

**PTPS** (*Public Transportation Priority Systems*) - sistema de prioridade para o transporte colectivo.

**PUFFIN** (*Pedestrian Use-Friendly INtelligent*) – sistema inteligente para passagem do peão.

**SAEIP** (Sistema de Ajuda à Exploração e Informação aos Passageiros) - sistema de gestão da frota em tempo real, a partir da localização automática de veículos, capaz de nos fornecer o tempo total e o tempo em movimento gasto pelo autocarro entre dois pontos do itinerário.

**SCOOT** (*Split, Cycle and Offset Optimization Technique*) - sistema que coordena o funcionamento de todos os sinais de tráfego em uma área para dar boa progressão para os veículos através da rede.

**UTMS** (*Universal Traffic Management Systems*) - sistema de gerenciamento de tráfego universal do Japão.