

SP 01/12/91

NT 137/91

**Priorização de 45 Controladores Semafóricos "MCT".****Núcleo de Estudos de Tráfego (NET)**Apresentação

Face à recente compra emergencial de 45 controladores semafóricos eletrônicos, tipo MCT/Digicon com 4 planos, foi solicitado junto às GET's a listagem dos locais candidatos a receber esse equipamento, o que acarretou a análise de 195 cruzamentos com o propósito de escolher os locais contemplados.

Método de AnáliseDados de Entrada

Para cada cruzamento a GET informou:

1. Tempo de ciclo;
2. Tempo perdido por ciclo;
3. Tempo de verde; e
4. Seqüência de estágio.

Para cada link (movimento de aproximação no semáforo), a GET informou:

1. Número de faixas úteis (ou o próprio fluxo de saturação quando disponível), e
2. Grau de saturação (K), que consiste numa estimativa baseada no conhecimento de campo de técnicos da GET e pode assumir um dos seguintes valores/patamar: 0,3, 0,5, 0,7 ou 0,9.

Todos os dados foram fornecidos de modo a representar os horários mais saturados.

Com os parâmetros fornecidos, calculou-se o fluxo de saturação através de :

$$FS = NF \times 1700 \text{ (veic./h)}$$

onde,

FS = Fluxo de saturação

NF = Número de faixas úteis

Utilizou-se, portanto, para a maioria dos locais, a taxa de 1.700 veículos/hora por faixa. Em locais com características muito específicas foram adotados outros valores que puderam variar entre 1400 e 1800 veículos/hora.

Calculou-se também, para cada link, o correspondente fluxo na hora/pico da expressão:

$$F = K \cdot g \cdot FS \text{ (veic./h)}$$

onde,

F = Fluxo na hora pico

K = Grau de saturação na hora pico

g = Porcentagem de verde na hora pico

FS = Fluxo de saturação

Os tempos de percurso entre semáforos foram dimensionados a partir de uma velocidade de 40 Km/h. Valores diferentes ocorrem em vários casos, mas não chegam a representar desvio significativo nos resultados encontrados.

### Configuração das Redes

O primeiro passo foi o de desmanchar todas as redes atuais. Todos os locais foram considerados como isolados para uma primeira análise.

Em seguida, adotou-se que distâncias superiores a 500 metros (ou 1500 metros em vias com características expressas) não seriam sincronizadas. Com essa imposição conseguiu-se a formação de vários blocos de semáforos.

A criação, ou não, de redes será analisada, então, apenas internamente a cada um desses blocos. Para decidir a configuração exata das redes foi rodado o programa TRANSYT-9, para cada semáforo (ainda em modo isolado) nos ciclos de 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 e 120 segundos. A comparação dos Índices de Performance (IP) - é o indicador base do programa TRANSYT e é composto pela soma do atraso uniforme, atraso aleatório e número de paradas - permitiu estabelecer a coordenação entre semáforos vizinhos que apresentavam ciclos individuais próximos (permitiu-se um desvio percentual máximo de 5% no Índice de Performance).

Os pares de cruzamentos (e pares de conjuntos de cruzamentos) que não foram agrupados pelo critério anterior foram submetidos novamente ao programa TRANSYT a fim de escolher a melhor opção. Por exemplo, os cruzamentos A e B já estavam coordenados em ciclo de 60 segundos. O cruzamento C estava isolado em 100 segundos.

Simularam-se então as seguintes alternativas no Transyt:

1. (A, B) em ciclo de 60;
2. (C) em ciclo de 100;
3. (A, B, C) em ciclo de 60;
4. (A, B, C) em ciclo de 70;
5. (A, B, C) em ciclo de 80;
6. (A, B, C) em ciclo de 90; e
7. (A, B, C) em ciclo de 100.

Compara-se a soma de atrasos totais das aléneas a e b com a melhor opção entre c e g. A alternativa que gerar menor atraso total (atraso uniforme mais atraso aleatório) será a escolhida. Decide-se, assim, pelo agrupamento ou não do semáforo C à (A, B).

Aplicando o TRANSYT a todas as combinações possíveis dentro de um bloco, estabeleceu-se a melhor configuração das redes e, conseqüentemente, os locais que deverão permanecer em modo isolado.

### Avaliação dos Benefícios

#### Hipóteses Adotadas

Considerou-se que o maior benefício do novo controlador advirá de seus quatro planos. Assim, o benefício calculado será aquele obtido pela passagem de 1 plano para 4 planos.

A rigor, nos locais atualmente operados por ENGETRAN esse benefício seria menor (apenas de 3 para 4 planos), mas devido aos sérios problemas de manutenção que esse controlador sofre, decidiu-se que, para efeito de análise, o ENGETRAN tem apenas um plano operacional.

Para representar a "flutuação do trânsito", durante o dia, adotou-se de forma bem simplificada a partição do dia em quatro patamares de fluxo, assim representados:

1. quatro horas de fluxo igual ao do pico;

2. quatro horas de fluxo igual a 0,9 do pico;
3. quatro horas de fluxo igual a 0,8 do pico; e
4. quatro horas de fluxo igual a 0,6 do pico.

### Cálculo dos Benefícios

Para representar a situação atual (de 1 plano) rodou-se o TRANSYT para cada um dos 4 patamares com os respectivos fluxos, fixando o ciclo igual ao do pico. Chamemos de AO o Atraso Total decorrente dessa situação as 16 horas consideradas.

Para representar a situação proposta (de 4 planos) rodou-se o TRANSYT para cada um dos 4 patamares com os respectivos fluxos e com o melhor ciclo para cada patamar. Chamemos de A1 o Atraso Total decorrente dessa situação para as 16 horas consideradas.

Portanto, o benefício será:

$$B = AO - A1 \left( \frac{\text{veic. X h}}{\text{dia}} \right)$$

O benefício anual (Ba) foi calculado multiplicando o diário por 300 dias/ano.

Considerou-se que 1 veículo x hora significa um custo de 4 dólares. Nesse valor estão contemplados o custo social e o custo de combustível despendido.

Portanto, o produto

$$B_{am} = 4 \times B_a$$

Representará o benefício monetário anual causado pela expansão para 4 planos.

### Avaliação dos Custos

Foram consideradas três parcelas para compor o custo:

1. amortização do custo do controlador, rateado num prazo de seis anos;
2. manutenção do equipamento considerado como igual a 10 % do seu valor de aquisição, por ano;
3. programação do controlador onde foi estimada uma quantidade anual de homens x hora;

A soma dessas três parcelas compõe o custo anual.

Chegou-se a um valor médio de 777 dólares/ano por controlador.

Portanto,  $C_{am} = 777$  dólares.

### Benefício/Custo

Com os resultados obtidos nos tópicos anteriores, calculou-se a relação custo/benefício e o prazo de retorno do investimento dado por:

$$\frac{\text{Custo}}{\text{Benefício}} \times 365$$

O indicador Custo/Benefício será utilizado para priorizar os locais a serem contemplados.

## SEMCO

Para alguns locais analisados constatou-se que a melhor solução seria a sua integração ao Sistema Semco, ao invés da implantação de controladores eletrônicos em modo local. O que conduziu a esta decisão foi a sua proximidade com a Rede de Transmissão de Dados atual e a sua característica de constituírem complementos em eixos já parcialmente contemplados pelo Semco.

Segue abaixo a relação dos 11 locais em que será implantado o Sistema Semco:

- Av. dos Estado x Av. Santos Dumont;
- Av. Tiradentes x Av. Santos Dumont x R. Bandeirantes;
- Av. Tiradentes x Av. do Estado;
- Viaduto Tutóia x Acesso das Caravelas;
- Av. Rep. do Líbano x Av. Antônio Joaquim de Moura Andrade;
- Av. Rep. do Líbano x R. Fernando Borges;
- Av. Rep. do Líbano x R. Prof. Filadelfo Azevedo;
- Av. Rep. do Líbano x R. João Lourenço;
- Av. Rep. do Líbano x R. Diogo Jácomo; e
- Av. Rep. do Líbano x Av. IV Centenário.

## Relação dos locais Contemplados

A tabela relacionada a seguir apresenta a relação de 47 locais onde se propõe a implantação de controladores MCT, bem como suas características, em ordem decrescente de prioridade.

A coluna B/C diz a relação Benefício/Custo.

A coluna PRET significa o prazo de retorno do investimento em cada ano.

A coluna NC define o número de controladores necessários para cada local ou para cada rede.

Esta relação implica na utilização de 43 controladores para atender os 47 cruzamentos. Foram reservados dois controladores para efeito de manutenção.

Local	B/C	PRET dias/ano	GET	NC
Praça Orlando Silva	238,5	2	2	2
Praça Nove de Julho	231,7	2	4	1
Estado x Viaduto Pacheco Chaves	98,5	4	4	2
Salim F. Maluf x Ulisses Cruz	97,6	4	4	3
Salim F. Maluf x Celso Garcia				
Salim F. Maluf x Restinga				
Salim F. Maluf x Pe. Adelino				
Salim F. Maluf x R. do Acre	88,3	4	4	3
Salim F. Maluf x Regente Feijó				
Salim F. Maluf x Mal. Barbacena				
Álvaro Ramos x Mal. Barbacena				
Indianópolis x Acesso Rubem Berta	83,4	4	1	1
Passagem da Anhanguera	79,7	5	2	1

Monte Pascoal x Botocudos	51,9	7	2	1
Pompéia x Francisco Matarazzo	51,3	7	2	3
Pompéia x Turiassu				
Pompéia x Venâncio Aires				
Pompéia x Padre Chico				
Turiassu x Clélia				
Largo do Japonês	46,7	8	2	1
Praça do Monumento	33,1	11	4	2
Radial Leste x Tuiuti	30,4	12	3	4
Radial Leste x Fernandes Pinheiro				
Radial Leste x Vilela				
Radial Leste x Apucarana				
Radial Leste x Antônio de Barros				
Itaquera x Aricanduva	29,7	12	3	1
Caetano Alves x Augusto Tole	27,8	13	2	2
Caetano Alves x Voluntários da Pátria				
Washington Luís x Interlagos	26,6	14	5	1
Praça Pedro Corazza	26,3	14	2	2
Radial Leste x Aricanduva	25,3	15	3	1
Largo do Socorro	24,5	15	5	6
Guarapiranga x Domingos Jorge				
Guarapiranga x Ptolomeu				
Guarapiranga x José Rafaelli				
Guarapiranga x Guido Caloi				
Guarapiranga x Francisco Rocha				
Guarapiranga x Amaro Velho				
Itambé x Maria Antonia	22,7	16	1	1
Itambé x Piaui				
João Dias x Giovanni Gronchi	20,4	18	5	1
João Dias x Gonçalo Pinto				
Praça Jácomo Zanella	16,1	23	2	3
Ermano Marchetti x Ricardo Cvaton				
Ermano Marchetti x Tenente Landa				
Praça Alceu de Amoroso Lima	11,7	31	5	1

Relação dos Locais Analisados

Além dos 47 cruzamentos relacionados e dos outros 11 locais já mencionados, foram analisados mais 47 locais a seguir identificados:

Esta listagem não se encontra em ordem de prioridade.

Local	GET
Guarapiranga x M'Boi Mirim	5
M'Boi Mirim x Anhandu Mirim	
M'Boi Mirim x José Barros Mazaldi	
M'Boi Mirim x Largo de Piraporinha	
M'Boi Mirim x Domingos A. Sertão	
M'Boi Mirim x Inácio Dias da Silva	
Teotônio Vilela x Robert Kennedy	5
Teotônio Vilela x Perpétuas	
Teotônio Vilela x Jangadeiro	
Teotônio Vilela x Padre José Gazotti	
Praça Moscou	

Interlagos x Rio Bonito	5
Interlagos x Praça Alcides C. Vidigal	
Interlagos x Teotônio Vilela	
Interlagos x José Salles	5
Interlagos x João Paulo da Silva	
Interlagos x Entrada da fábrica da Villares	
Interlagos x Nações Unidas	
Washington Luís x Nossa Senhora do Sabará	5
Washington Luís x São Leonidas	5
Vitor Manzini x Alça do C/B	
Vitor Manzini x Cristalino Rolin de Freitas	5
Praça Dom Francisco de Souza x João Alfredo	
Washington Luís x Sócrates	
Washington Luís x Vigário João de Pontes	5
Itapecerica x Adelino Magalhães	
Itapecerica x Campo Limpo	
Itapecerica x Amâncio P. Oliveira	
Itapecerica x Tereza M. Oliveira	
Itapecerica x Belezas	
Itapecerica x Amaro A. Rosa	
Itapecerica x Luciano Silva	
Itapecerica x Cândido das Neves	3
Gregório Ramalho x David D. Ferreira	
Gregório Ramalho x Aureliano Barreiros	2
Aureliano Barreiros x Ladeira de Xisto	
Praça José Viana de Carvalho	2
Praça Pascoal Martins	
Inajar de Souza x Bartolomeu Canto	
Gal. Edgar Facó x Ministro Petrônio Portela	
Praça Ricardo Whately	1
Cruzeiro do Sul x Pedro Vicente	
Cruzeiro do Sul x Vidal Negreiros	
Estado x Santos Dumont	
Estado x João Teodoro	1
Estado x São Caetano	

### Considerações Finais

A rigor, um método de priorização de controladores deveria analisar vários outros aspectos. Por exemplo, o volume de passageiros por ônibus, a quantidade de acidentes, a necessidade de planos de emergência, etc.

Outro problema ocorre na qualidade dos dados considerados. Seria impossível, a curto prazo, obter os dados de fluxo, fluxo de saturação, tempos de percurso, etc., através de pesquisas específicas. Quanto aos fatores que não foram considerados, além da dificuldade de obtenção dos dados, existe a dúvida na sua relação com a multiprogramação.

Até que ponto, por exemplo, a passagem de 1 para 4 planos pode contribuir para diminuir o número de acidentes?

Optou-se, então, pela solução mais viável e menos deficiente.

O indicador utilizado para priorização foi o efeito da multiprogramação que, sem dúvida, consiste no maior benefício trazido pelo MCT. Indiretamente, esse procedimento abrange, também a necessidade de sincronismo.

Os dados foram obtidos por meio de um processo misto de estimativa dos técnicos da própria CET, com algumas restrições físicas (número de faixas, fluxo máximo de 1.700 veic./h, por faixa, fração de verde atual, etc.).

Apesar destas restrições, uma estimativa inicial incorreta pode ter gerado distorções na avaliação efetuada.

Porém, uma apreciação dos 47 locais escolhidos, sob o ponto de vista da nossa experiência em São Paulo, mostra que em todos esses locais haverá, com certeza, considerável melhoria devido à utilização do novo equipamento.

---

Núcleo de Estudos de Tráfego (NET)

Orientação e Assessoria Técnica

Eng.º Luís Molist Vilanova

Equipe Técnica

Eng.º Alexandre Zun Winkel (Analista de Transp. e Tráfego Pleno)

Eng.º Denise Campos Bittencourt (Analista de Transp. e Tráfego Júnior)

Eng.º José Carlos Soarea Tigre (Analista de Transp. e Tráfego Júnior)

Eng.º Mauro Fernandes Mendonça (Analista de Transp. e Tráfego Pleno)

Eng.º Maria Aparecida Barbosa (Analista de Transp. e Tráfego Pleno)