

PLANO DE PROGRAMAÇÃO DE SEMÁFOROS ELETRÔNICOS PARA A CIDADE DE BOTUCATU

Bernadete Rossi Barbosa Fantin¹

¹Professora Mestre da Faculdade de Tecnologia de Botucatu – FATEC, Botucatu, SP, Brasil.

bfantin@fatecbt.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A realidade da maioria das cidades brasileiras torna-se problemática a medida em que o uso massivo do automóvel traz uma série de problemas para a qualidade de vida das pessoas. Por proporcionar uma série de comodidades e facilitar a atribulada vida moderna, o carro é preferência de grande parte da população que tem capacidade de investimento para mantê-lo. No entanto, essa comodidade tem seu preço, pois o aumento da frota de veículos provoca congestionamentos, poluição atmosférica, acidentes, e necessidades de altíssimos investimentos de recursos em obras viárias.

Nesse sentido, a Engenharia de Tráfego atua no intuito de organizar e racionalizar o trânsito. Controlar cruzamentos que operam com grande número de veículos pode mostrar-se tarefa difícil para alguns técnicos menos experientes. Dependendo da realidade apresentada a colocação de semáforo é a única solução capaz de proporcionar alternância de passagem com segurança e comodidade diminuindo os congestionamentos e conseqüentemente reduzindo os tempos de viagens.

Para o IPEA (2011), o conceito de congestionamento está vinculado aos de capacidade da via e de nível de serviço. Enquanto a capacidade da via representa a quantidade máxima de veículos que pode se movimentar em um trecho em um intervalo de tempo, sob um conjunto especificado de condições de composição de demanda de tráfego e ambientais, o nível de serviço é uma medida de qualidade do serviço para o usuário da via.

A decisão de colocar ou não semáforo em um cruzamento deve ser pautada por critérios técnicos, pois a colocação de um semáforo onde não indicado tecnicamente acaba por prejudicar o desempenho operacional do cruzamento, afetando um ou mais dos fatores de segurança, demora, número de paradas e capacidade (BEZERRA, 2007).

A falta de gestão técnica do sistema de semáforos é um realidade na maioria das cidade do país, sendo cuidado por pessoas sem nenhuma formação técnica ou por técnicos sem conhecimento adequado do tema. Central de controle de tráfego e semáforo com

detectores de veículos são uma realidade muito distante para a grande maioria das cidades brasileiras. No entanto, mesmo com semáforos de tempo fixo, excelentes desempenhos podem ser obtidos com a atuação de técnicos preparados utilizando métodos simples (FERRAZ; RAIÁ JR; BEZERRA, 2008).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi feito o levantamento dos cruzamentos semaforizados na cidade de Botucatu conforme Figura 1.

Figura 1- Mapa de localização dos semáforos na cidade de Botucatu



Outros levantamentos necessários ao desenvolvimento da programação semaforizada também foram feitos, como: levantamento da situação dos cruzamentos semaforizados como infra-estrutura, posicionamento dos focos, sequências de estágio, o fluxo de

veículos durante um período de 12 horas, das 7:00 às 19:00, para que fosse possível identificar os horários de pico nos períodos: manhã, entre pico da manhã, almoço, entre pico da tarde e tarde e o cálculo dos tempos de verde e o ciclo ótimo para cada cruzamento, para cinco horários diferentes, pico da manhã, entre pico da manhã, pico do almoço, entre pico da tarde, pico da tarde, de acordo com os volumes encontrados nas horas-pico de cada um desses horários, bem como as defasagens para os cruzamentos que devem operar sincronizados e sugeridos a configuração dos equipamentos que deveriam ser adotados para a operação dos cruzamentos e a forma como os grupos semaforicos deveriam estar alocados em questão de quantidade e posicionamento.

Para a obtenção dos tempo de operação dos semáforos utilizou-se o seguinte método Webster descrito a seguir.

A relação entre largura efetiva da aproximação (descontando veículos estacionados, pontos de ônibus e movimentos de conversão à esquerda) e o fluxo de saturação é dada pela fórmula.

$$S = 525 L, \text{ onde}$$

S = fluxo de saturação, em veículos por hora de tempo verde (v/htv)

L = largura efetiva da aproximação, em metros.

A relação fundamental do método de Webster é a relação entre demanda (**Q**) e fluxo de saturação (**S**), onde:

$$y_i = Q_i / S_i$$

Y_i = taxa de ocupação da aproximação **i**

Q_i = demanda de aproximação **i**

S_i = fluxo de saturação da aproximação **i**

O “ciclo ótimo” é aquele que causa o mínimo atraso geral na interseção.

$$C_o = (1,5T + 5) / (1 - Y) \quad \text{onde:}$$

C_o = ciclo ótimo, em segundos;

T = tempo morto total do cruzamento, por ciclo, em segundos; (*amarelo + vermelho geral*)

Y = somatório das taxas de ocupação das fases

Determinação dos tempos de verde efetivo.

$$Y_1 / Y_2 = V_1 / V_2$$

Y₁ = taxa de ocupação da fase 1

Y_2 = taxa de ocupação da fase 2

$V'1$ = verde efetivo da fase 1 (segundos)

$V'2$ = verde efetivo da fase 2 (segundos)

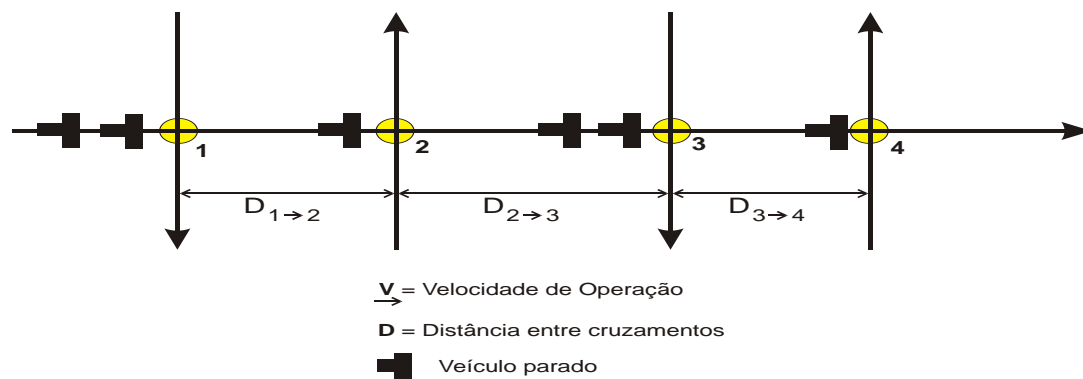
Esta relação pode ser estendida a interseção de três ou mais fases. Sendo $(C - T)$ o verde efetivo total do ciclo e Y o somatório das taxas de ocupação, vem que: $(C = C_0)$

$$V'1 = (Y_1 / Y) \cdot (C - T)$$

$$V'2 = (Y_2 / Y) \cdot (C - T) \text{ etc.}$$

Para o cálculo da defasagem entre os cruzamentos que devem estar interligados em rede foi utilizado o seguinte método representado na Figura 2.

Figura 2 – Esquema de funcionamento da onda verde para sincronização de semáforos



Fonte: Ferraz, Fortes e Simões (1999).

$$T_{ij} = D_{ij} / V, \text{ ou seja:}$$

$$T_{12} = D_{12} / V$$

$$T_{23} = D_{23} / V$$

$$T_{34} = D_{34} / V$$

Aonde ao longo do trecho sincronizado a velocidade deverá se manter constante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Bezerra (2007) destaca que se um semáforo for instalado de forma inadequada pode acarretar alguns transtornos ao trânsito de veículos e pedestres, entre os quais se destacam: o aumento do tempo de espera e do número de paradas; a redução da capacidade, o aumento da frequência de acidentes, o aumento nas violações das regras de trânsito, a utilização de rotas alternativas para evitar o semáforo. A análise da correta implantação do semáforos demonstrou que os cruzamentos 1, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29 e 30 não justificam a sua colocação, no entanto não

podemos ser categóricos ao afirmar a não justificativa, pois este trabalho é parcial pois limitou-se a avaliar a viabilidade apenas sob o ponto de vista do fluxo de veículos não sendo feito nenhum levantamento do índice de acidentes nesses locais que confirme os resultados obtidos e nem foram avaliados fatores como a geometria da via, topografia e característica de pavimento que também são fatores redutores de capacidade.

Alguns cruzamentos deveriam estar sincronizados, por estarem próximos a menos de 350 metros, proporcionando assim um fluxo contínuo sem paradas excessivas. Foram propostas a criação de seis redes de sincronismo, denominadas por letras, compostas pelos seguintes cruzamentos: rede A (cruzamentos 1 e 2), rede B (cruzamentos 11, 12 e 17), rede C (cruzamentos 8 e 9), rede D (cruzamentos 14 e 15), rede E (cruzamentos 21 e 22) e rede F (cruzamentos 25, 26, 27 e 28).

O método Webster recomenda, para uso prático, os limites de 45s e 120s, para o tempo do ciclo, a partir daí o semáforo perde sua eficiência de operacionalização e é adotado apenas como dispositivo para garantir a travessia com segurança no cruzamento. O cálculos dos tempo dos ciclos dos cruzamentos estudados, mostraram que a maioria dos cruzamentos apresenta ciclos que variam de 30 a 80 segundos, somente os cruzamentos 4, 6 e 10 apresentam ciclos acima de 120 segundos em alguns horários.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtido demonstram que apesar da maioria dos cruzamentos semaforizados da cidade de Botucatu ainda estar longe de atingir sua capacidade máxima em termos de volume de veículos, alguns deles apresentam problemas de congestionamentos em alguns horários devido à programação inadequada, gerando atrasos no tempo de viagens dos motoristas.

Fica claro que algumas medidas, além do desenvolvimento correto das programações devem ser feitos, para que a programação semafórica funcione de forma eficiente, como adequação do número de grupos semafóricos, semáforos para pedestre e controladores eletrônicos adequados e que o poder público deve investir na adequação da sinalização semafórica tanto na programação dos tempos como na melhoria da infraestrutura como implantação correta dos grupos focais, tanto em quantidades como em posicionamento, implantação de travessia de pedestres em mais cruzamentos e aquisição de controladores eletrônicos que possam otimizar o funcionamento do sistema.

5. REFERÊNCIAS

BEZERRA, B. S. **Semáforos:** gestão técnica, percepção do desempenho, duração dos tempos. Tese de doutorado. EESC/USP. São Carlos – SP. 2007

FERAAZ, A. C. P.; RAIA JR, A. A.; BEZERRA, B. S. **Segurança no Trânsito.** São Carlos: NEST, 2008.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em:
<http://www.ipea.gov.br/pub/livros/transportes.pdf>. Acesso em: 02/06/2011.

ROBERTSON, H. D. (1993). *The application of pedestrian signals at traffic signalized intersections.* Public Roads. USA.