

SP 04/05/79

NT 038/79

Manual de Semáforos - convênio CET/DENATRAN

Eduardo Antonio Moraes Munhoz

Apresentação

Através do convênio firmado com o Departamento Nacional de Trânsito - Denatran, a Companhia de Engenharia de Tráfego - CET, foi encarregada de elaborar um *Manual de Semáforos* destinado a servir de fonte de consulta aos técnicos de diversos órgãos de trânsito, responsáveis pela instalação, operação e manutenção da sinalização semafórica das cidades brasileiras.

Os principais objetivos que orientam a sua concepção foram:

- Apresentar de forma didática e simples o funcionamento do semáforo;
- Estabelecer critérios referentes à sua implantação e operação;
- Em função das características de tráfego, propor métodos quantitativos adequados para a regulação dos semáforos.

Dentro desse escopo, o *Manual de Semáforos* foi elaborado com o intuito de fornecer aos técnicos encarregados da programação semafórica de uma cidade um ferramental teórico/prático para auxiliá-los no cumprimento de suas funções. Dada a diversidade de características e disponibilidade de recursos, tanto econômicos como humanos entre as cidades brasileiras, o manual teve como princípio fundamental atender à maior gama possível de condições, procurando cobrir os problemas típicos de cidades de pequeno, médio e grande porte. Além disso, ao longo da discussão dos itens, procurou-se sugerir atuações realísticas, ou seja, compatíveis com a estrutura funcional do local.

Em função de sua abrangência e propósito, estabeleceu-se como orientação básica a exposição dos capítulos em linguagem narrativa, simples e direta. Os itens são abordados e discutidos em diversos níveis de complexidade, e a formulação matemática restringiu-se ao mínimo indispensável.

Sempre que oportuno, foram utilizados recursos gráficos para auxiliar e reforçar a explanação verbal dos textos.

Embora os capítulos estejam inter-relacionados numa seqüência progressiva de apresentação da matéria, eles têm características de unicidade, isto é, são completos em si mesmos. Por isso, às vezes, há uma sobreposição de informações, necessária para dar modularidade e fechamento ao capítulo.

Cada capítulo foi escrito em parágrafos, de forma que, dependendo do conhecimento prévio do usuário, ele poderá dispensar certas abordagens e ir diretamente ao tópico que lhe interessar.

Basicamente, o conteúdo do *Manual de Semáforos* fundamentou-se em dados técnico/científicos já bastante difundidos nos países desenvolvidos, que já adquiriram, nessa área, um excelente nível de conhecimento. Entretanto, deve-se ressaltar que o manual não se limitou apenas a traduzir experiências de outros países. Sempre que possível, procurou-se adaptar às características brasileiras os métodos e técnicas utilizados no exterior. Além disso, várias abordagens recomendadas foram resultantes de nossa experiência em engenharia de tráfego.

Antes de sua publicação, o *Manual de Semáforos* foi submetido à apreciação do Conselho Nacional de Trânsito - Contran e recebeu sua aprovação, estando em conformidade com o que preconizam as Diretrizes de Segurança de Trânsito, no que diz respeito aos serviços de engenharia.

O *Manual de Semáforos* não tem como intenção estabelecer procedimentos absolutos em relação à regulação de semáforos. Pelo contrário, é o primeiro passo no processo de se chegar a uma versão aprimorada sobre o assunto. Nesse sentido, todas as possíveis sugestões e críticas serão de valiosa importância e servirão de subsídios para futuras revisões.

Descrição Sumária dos Capítulos do Manual

O *Manual de Semáforos* compõem-se de oito capítulos e três apêndices. Segue abaixo a descrição sumária de cada um deles:

- Capítulo 1 - introdução: através de uma breve introdução especifica-se o objetivo da elaboração do manual e as vantagens decorrentes da regulação de semáforos. É feita também uma pequena apresentação do conteúdo dos capítulos posteriores;
- Capítulo 2 - conceitos básicos: contém a definição de semáforo e sua função como elemento de controle do movimento de veículos conflitantes. São introduzidos os diversos conceitos relativos à engenharia de tráfego, tais como, fase, estágio, tempo de ciclo, diagrama de tempos etc. Através de uma série de exemplos, procura-se estabelecer, para diferentes tipos de interseções, as relações existentes entre as principais variáveis introduzidas;
- Capítulo 3 - critérios para instalação de semáforos: este capítulo refere-se às necessidades e circunstâncias em que se deve instalar um semáforo no cruzamento, pois o controle de passagem feito por paradas periódicas obrigatórias dos movimentos, muitas vezes aumenta o tempo de travessia da interseção, causando atrasos inevitáveis ao tráfego em suas aproximações. Os critérios de utilização recomendados foram extraídos do *Manual de Sinalização Urbana - normas de projeto*, vol. 6, convênio Denatran - CET;
- Capítulo 4 - tipos de controladores: a especificação de quais recursos um controlador de tráfego deve ter para comandar uma dada interseção é feita em função do tipo de operação proposta para o local. Por sua vez, o conhecimento dos recursos necessários permitirá ao técnico escolher, dentre os controladores existentes no mercado, aquele que melhor atenda às condições solicitadas. Neste capítulo são abordados os principais recursos disponíveis num controlador, bem como a análise dos procedimentos básicos de operação de um cruzamento;
- Capítulo 5 - regulação de semáforos isolados: este capítulo é o texto básico do manual e trata de como regular um semáforo isolado, analisando a influência desta regulação no rendimento da interseção, em termos de fluidez e segurança. São apresentados os conceitos básicos de capacidade e fluxo de saturação, bem como as demais variáveis associadas ao fluxo de veículos (taxa de ocupação, grau de saturação e tempo perdido no ciclo). A partir das considerações sobre o atraso num cruzamento e tempo de ciclo mínimo, chega-se à fórmula de ciclo ótimo proposta por Webster. O método Webster foi adotado como técnica padrão para regulação de semáforos por se tratar de um método completo e detalhado, que possibilita a determinação dos tempos de verde e do comprimento do ciclo, causando o menor atraso geral possível no cruzamento. Além disso, o método Webster aborda praticamente todos os fatores que interferem no valor da capacidade e apresenta cálculos complementares que permitem uma avaliação mais precisa das condições encontradas, como a reserva de capacidade, o grau de saturação e outros. Assim sendo, trata-se de um método extremamente útil para o Brasil, especialmente se for levado em consideração que as capacidades reais das aproximações, obtidas em campo com a ajuda de histogramas de tráfego, têm-se mostrado bem próximas das previstas por esse método.
- Capítulo 6 - sincronização de semáforos: a questão de sincronização entre semáforos em ruas de mão única e dupla e a sua importância no atraso de veículos e na capacidade do sistema viário é o objeto de análise deste capítulo. São detalhados os procedimentos básicos para elaboração de sistemas progressivos (onda verde) para vias de mão única e dupla (diagrama espaço x tempo) e é feita uma discussão sobre dispersão de veículos e defasagem ótima entre cruzamentos adjacentes. Complementarmente, são discutidos alguns aspectos sobre sistemas

de controle de tráfego em área, incluindo-se uma descrição sumária dos vários modelos testados pelo TRRL;

- Capítulo 7 - Transyt - programa computacional para coordenação e sincronismo de semáforos: este capítulo descreve as principais características do programa Transyt, elaborados pelo Dr. Robertson do TRRL. O programa é um método para se determinar computacionalmente planos de tráfego de tempo fixo, com o objetivo de minimizar o atraso e o número de paradas dos veículos que percorrem a rede viária;
- Capítulo 8 - interseções complexas: sob certas condições, as fórmulas e métodos definidos nos capítulos anteriores não se aplicam a cruzamentos complexos, os quais apresentam algumas características especiais, tais como fluxo de saída irregular. São abordadas questões relativas à perda de capacidade devido à falta de espaço para cruzamento de veículos (caixa pequena) e é proposto um método para analisar o problema;
- Capítulo 9 - apêndices: foram redigidos três apêndices para complementação e/ou detalhamento dos capítulos do manual. O primeiro deles - Apêndice A - considera a questão da capacidade da via e os fatores que influenciaram na sua estimativa. Discute-se também a elaboração de histogramas de tráfego, que é o método gráfico para obtenção do valor da capacidade nas aproximações de um cruzamento. O Apêndice B analisa os casos em que ao se dimensionar os tempos de um semáforo pela fórmula de Webster, obtém-se, para uma ou mais fases do cruzamento, tempos de verde bastante curtos (menos de 10 segundos). Nestas circunstâncias, propõe-se um procedimento alternativo para dimensionamento do tempo. O terceiro apêndice - Apêndice C - é uma extensão do Capítulo 8 e considera o dimensionamento de semáforos para casos de interseções complexas quando a capacidade de escoamento não é constante.

Eduardo Antonio Moraes Munhoz
Assistente Coord. Executiva/Semco