

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS**

**MONOGRAFIA  
DO  
CURSO DE GESTÃO INTEGRADA DE TRÂNSITO**

**O CONTROLE EFICAZ DOS SEMÁFOROS PARA  
MELHORIA DO TRÁFEGO URBANO**

**MARCELO ESPEL**

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS**

**O CONTROLE EFICAZ DOS SEMÁFOROS PARA  
MELHORIA DO TRÁFEGO URBANO**

**POR**

**MARCELO ESPEL**

**MONOGRAFIA SUBMETIDA  
COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EM GESTÃO INTEGRADA DE TRÂNSITO**

**SANTOS, SP – 2000**

Ao meu amor, Fefê

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Católica de Santos, pela oportunidade à nós oferecida, de participar de um curso específico na área de trânsito, pioneiro no país.

Aos coordenadores, professores e funcionários de pós graduação, pela atenção e colaboração.

Aos companheiros de turma pela camaradagem e amizade, principalmente Sebastião e Frederico.

À Companhia de Engenharia de Tráfego - CET SP, principalmente os amigos e companheiros, que proporcionaram aprendizado, realizações e momentos felizes.

Aos meus pais por sempre me incentivar à estudar.

À Regina Bertazzoni pelo incentivo à publicação de trabalhos e ajuda fundamental para essa realização.

## RESUMO

O controle efetivo dos semáforos de uma cidade consiste em atividade fundamental para o gerenciamento do tráfego urbano. O objetivo desta monografia é de apresentar conceitos e práticas, objetivando mostrar os benefícios obtidos com o funcionamento adequado dos semáforos, da redução de acidentes, dos congestionamentos, do custo social que é economizado com estas reduções, visando atingir o máximo de capacidade de escoamento do tráfego possível ao sistema viário com segurança para condutores e pedestres.

No capítulo I trata-se da análise dos cruzamentos da cidade, desde conceitos de circulação viária, tipos de controle de intersecções e os critérios para implantação de semáforos.

O capítulo II mostra quando da necessidade de implantação de semáforo, os parâmetros gerais para elaboração de projetos e os métodos para dimensionamento de tempos semaforicos.

O capítulo III apresenta as formas de se “cuidar” dos semáforos já existentes, no que se refere ao equipamento e a atualização das programações de tempos, acompanhamento dos projetos recém implantados e a manutenção.

O capítulo IV descreve o controle operacional dos semáforos, o dia a dia, verificando as condições de trânsito das vias e o comportamento em relação aos semáforos, à partir das centrais de tráfego de área ou em vistorias periódicas de campo.

Para concluir que as cidades que tiverem um gerenciamento eficaz das suas intersecções, principalmente as semaforizadas, terão asseguradas um melhor desempenho do sistema viário, que retornará em benefícios à comunidade em geral com maior segurança, fluidez e conforto em suas viagens cotidianas, da casa ao trabalho, do trabalho à escola, etc. contribuindo entre outras medidas para melhoria da qualidade de vida da população.

# SUMÁRIO

## INTRODUÇÃO

I – ANÁLISE DOS CRUZAMENTOS DA CIDADE.....	3
1.1 – Circulação viária.....	3
1.1.1 – Utilização das vias.....	3
1.1.2 – Circulação nas vias.....	4
1.1.3 – Classificação das vias pelo tipo de fluxo.....	5
1.2 – Controle das intersecções nas vias públicas.....	6
1.3 – Critérios para implantação de semáforos.....	8
II – PROJETOS E PROGRAMAÇÃO DE TEMPOS.....	12
2.1 – Avaliação preliminar.....	12
2.2 – Projeto.....	13
2.2.1 – Pesquisas.....	13
2.2.2 – Parâmetros básicos. Conceitos.....	14
2.2.3 – Locação do equipamento.....	18
2.2.4 – Sistemas de controle de tráfego.....	21
2.2.5 – Controladores semaforicos existentes.....	27
2.3 – Programação de semáforos.....	28
2.3.1 – Seqüência de estágios.....	28
2.3.2 – Programação de tempos.....	32
III – REVISÃO SEMAFÓRICA.....	42
3.1 – Revisões programadas – Atualização.....	42
3.2 – Revisões de projetos implantados.....	43
3.3 – Revisões emergenciais.....	44
3.4 – Manutenção.....	45

IV – O CONTROLE OPERACIONAL DOS SEMÁFOROS – O DIA A DIA.....	45
4.1 – Central de tráfego de área.....	46
CONCLUSÃO.....	48
BIBLIOGRAFIA.....	51
FOLHA DE ASSINATURAS.....	53

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 2.1: Representação dos movimentos veiculares e de pedestres.....	14
FIGURA 2.2: Aproximações dos cruzamentos.....	15
FIGURA 2.3: Representação gráfica de cruzamentos semaforizados.....	16
FIGURA 2.4: Vista frontal esquemática de grupos focais e colunas semafóricas.....	17
FIGURA 2.5: Diagrama de estágios com esquema completo de operação de um semáforo..	18
FIGURA 2.6: Exemplos de cruzamentos com movimento de conversão à esquerda.....	30
FIGURA 2.7: Diagrama esquemático para escolha de ciclo para redes.....	35
FIGURA 2.8: Diagrama de bandas.....	37
FIGURA 2.9: Travessia de pedestres.....	39
FIGURA 2.10: Representação para obtenção do tempo de vermelho de segurança.....	41
TABELA 2.1: Distância de visibilidade mínima recomendada.....	20
TABELA 2.2: Comparação de sistemas de tempo fixo com SCOOT na redução de atrasos..	27
TABELA 2.3: Controladores eletromecânicos.....	27
TABELA 2.4: Controladores eletrônicos.....	28
TABELA 2.5: Comparativos entre seqüências de estágios em semáforos com conversão à esquerda.....	31
TABELA 2.6: Tempos de amarelo recomendados.....	40

## INTRODUÇÃO

Esta monografia pretende discutir o assunto relativo ao controle dos semáforos em áreas urbanas, e sua importância para a qualidade do tráfego de uma cidade. Serão apresentadas teorias, metodologias e experiências visando mostrar a importância da atividade para a melhoria e manutenção de boas condições do tráfego urbano. Os semáforos são dispositivos de controle de tráfego que alternam o direito de passagem aos veículos e pedestres de duas ou mais vias que se cruzam (cruzamento em nível), liberando a passagem simultânea de movimentos compatíveis (aqueles que não são conflitantes), ao mesmo tempo que retém os demais movimentos. Nas vias em que existem semáforos, para que haja bom desempenho do tráfego nos aspectos de segurança, fluidez e conforto, é necessário o controle eficaz dos semáforos, desde a sua instalação até a atribuição dos tempos de operação, compatíveis com a segurança, demanda de tráfego e capacidade viária, com monitoramento constante da sua operação e manutenção. É exatamente isso que pretende-se manifestar: A importância de um eficiente gerenciamento dos semáforos de uma cidade, desde a análise das solicitações de sinalização, dos critérios para escolha da melhor solução, até implantar os semáforos quando forem necessários e “cuidar” adequadamente dos já existentes. Os resultados serão de melhoria na qualidade de vida da população, nos fatores tempo de deslocamento, poluição ambiental e economia de recursos na diminuição dos atrasos e redução de acidentes.

O interesse pelo tema proposto surgiu do desejo e necessidade do aluno-autor em expor sistematicamente a importância da atividade na qual dedicou a maior parte em sua carreira profissional de treze anos na área de engenharia de tráfego. O controle de semáforos. Ao longo desse tempo verificou que após a implantação de um semáforo, o mesmo passa a existir para sempre (raramente são retirados), interagindo com as pessoas no cotidiano, sendo necessário manter sempre suas boas condições. Nesse aspecto, é como se fossem “filhos”. São colocados no mundo e requerem cuidados para a vida inteira.

O benefício que o autor espera obter é despertar o interesse ao assunto à partir da releitura das publicações dos autores escolhidos e de sua própria experiência, visando mostrar que as considerações para o controle dos semáforos transcendem o lado puramente técnico, estando ligado também às ciências humanas e sociais, não se esgotando puramente na área de engenharia, como pensam alguns.

O público alvo dessa monografia são todos os profissionais da área de trânsito, seja de engenharia, direito, medicina, psicologia, sociologia, administração, estatística, educação, fiscalização, etc., haja visto que o assunto engloba a todos, uns mais, outros menos, mas é de interesse geral. Esses profissionais poderão à partir da leitura, obter melhores subsídios de análise em suas áreas profissionais.

A metodologia usada para elaboração da monografia será a análise crítica da bibliografia específica deste para alcançar os objetivos propostos.

## **I - ANÁLISE DOS CRUZAMENTOS DA CIDADE.**

### **1.1 – CIRCULAÇÃO VIÁRIA.**

EJZEMBERG (1996 a) cita que o crescimento das cidades gera uma aumento do fluxo de tráfego das vias em geral. A intensidade dos fluxos de veículos e pedestres nas vias, determina o tipo de uso do solo. Em vias onde o fluxo de veículos aumenta gradativamente devido ao crescimento da cidade, observa-se as transformações no uso dos imóveis, que vão passando lentamente de residenciais para estabelecimentos comerciais e de serviços. O fluxo intenso de veículos e de pedestres compromete a qualidade de vida dos moradores, que acabam procurando outros locais para residir, ao mesmo tempo que a concentração de veículos e pedestres passa a ser interessante para atividades comerciais. Nesse contexto cabe ressaltar o princípio da continuidade das vias, o qual explica que as vias que conduzem os veículos à distâncias mais longas, tem maior atração do tráfego com volumes altos, o qual é denominado tráfego de passagem. O tráfego de passagem se utiliza basicamente das vias denominadas coletoras, que absorvem os veículos provenientes das vias de trânsito local, distribuindo esse tráfego às vias arteriais, que tem grande extensão e conduzem o tráfego de uma região para outra da cidade. As vias descontínuas “repelem” o tráfego de passagem, atraindo somente o tráfego local, basicamente residencial. Conclui-se que o controle do uso do solo urbano está diretamente ligado ao princípio de continuidade das vias. Onde for promovido o controle de acesso às vias, dificultando o tráfego de passagem, haverá predominância de residências. Onde se estabelecer rotas para viagens à grandes distâncias, o uso será naturalmente comercial e de serviços.

#### **1.1.1 – Utilização das vias:**

A utilização normal das vias pelo tráfego são o leito viário, destinado aos veículos e os passeios ou calçadas para os pedestres. Porém, alguns fatores podem levar a se alterar essas regras. Os principais são:

- Saturação das vias pelo fluxo de automóveis: Nessa situação haverá necessidade de se beneficiar o transporte coletivo, o qual transporta maior número de pessoas por m<sup>2</sup>, criando vias, pistas ou faixas exclusivas de ônibus. Nesse fator enquadra-se o rodízio de veículos, restringindo a circulação de um grupo de veículos em alguns horários e dias da semana determinados, dependendo da placa de cada veículo, visando manter as mínimas condições de fluidez e segurança do tráfego de uma cidade.
- Fluxo intenso de pedestres: Quando houver grande concentração de pedestres tornando-se inseguro os conflitos com os veículos, pode-se criar vias ou áreas exclusivas para pedestres.
- Controle de poluição: Rodízio de veículos e pedágio urbano.
- Preservação de áreas residenciais: Controle de acesso à determinadas vias e áreas residenciais para que o tráfego não deteriore a qualidade das habitações.
- Preservação de áreas de patrimônio histórico: Controle de acesso no entorno de monumentos históricos.

### **1.1.2 – Circulação nas vias.**

- *Sentido duplo*: Circulação natural de todas as vias, não requerendo sinalização estabelecendo sua circulação. Tem como vantagens básicas a melhor acessibilidade aos seus imóveis e melhor acesso ao serviço de ônibus, os quais podem circular em ambos os sentidos da mesma via facilitando os usuários. As desvantagens são de riscos de colisões frontais, conflitos nas conversões à esquerda e maior dificuldade na travessia dos pedestres.
- *Sentido único*: Determinadas vias de mão dupla são transformadas em mão única, sendo escolhido um sentido para sua operação e sinalizadas para esse fim. Os motivos principais

para essa transformação são a saturação da via como mão dupla, causando problemas de segurança e fluidez do tráfego. Tem como vantagens a eliminação de riscos de colisão frontal, maior segurança na travessia de pedestres, redução do número de movimentos conflitantes nos cruzamentos, aumento da capacidade viária proporcionando maior fluidez, e melhorando a velocidade dos ônibus, possibilita a liberação de estacionamento e permite ótima progressão dos semáforos. As desvantagens principais são o aumento da velocidade podendo aumentar os acidentes em determinados horários e menor acessibilidade. Quando se estabelece mão única, outra via receberá o tráfego do sentido contrário. Dependendo das condições de fluidez e segurança desta outra via, pode haver a necessidade de implantação de mão única também nesta via, para absorver este fluxo de sentido contrário. Essa medida é chamada de binário de circulação, que consiste num par de vias de mão única com sentidos contrários de circulação.

- *Vias ou faixas reversíveis*: Quando se tem determinados fluxos predominantes numa mesma direção em apenas alguns períodos do dia, pode-se estabelecer nestes horários a mudança de circulação de algumas vias, de mão dupla para mão única ou inversão de mão de direção, ou proporcionar que algumas faixas de tráfego de sentido contrário sejam invertidas, sendo utilizadas em alguns períodos para auxílio no sentido mais carregado de tráfego. Essas medidas são executadas pelas equipes operacionais através de sinalização móvel (cones de borracha, cavaletes, etc.) com acompanhamento constante dos períodos de operação.

### **1.1.3 – Classificação das vias pelo tipo de fluxo:**

- *Vias de fluxo ininterrupto*: São aquelas concebidas para não haver restrições a passagem do fluxo de tráfego, havendo controle de acesso e com isso a quase inexistência de movimentos conflitantes. Os cruzamentos importantes são em desnível (pontes, viadutos), e os cruzamentos em nível existentes geralmente não influenciam no escoamento do tráfego. São vias de fluxo ininterrupto as estradas e vias expressas.

- *Vias de fluxo interrompido*: São as demais vias em que existem cruzamentos em nível e que há a necessidade de se controlar os fluxos que se cruzam através de dispositivos de controle, placas “Pare” e “Dê a preferência” para estabelecimento das vias preferenciais ou semáforos que alternam os momentos de direito de passagem das vias.

## **1.2 – CONTROLE DAS INTERSECÇÕES NAS VIAS PÚBLICAS.**

Na área urbana, são predominantes as vias de fluxo interrompido, as quais requerem tratamentos na administração dos fluxos que se cruzam nas inúmeras intersecções em nível. EJZEMBERG (1996 a) ao tratar da análise da circulação e fluxos de tráfego aponta que o tratamento e controle das intersecções é o principal fator determinante da capacidade do sistema viário, além de influir significativamente na segurança. No aspecto fluidez, os cruzamentos (intersecções) podem causar efeitos de restrição à passagem do fluxo de tráfego (perda de capacidade), em vias que supostamente suportariam a demanda de tráfego. Como exemplo, um semáforo pode reduzir de menos da metade a até um terço da capacidade de uma via, se comparado com a sua capacidade num trecho fora da intersecção. Na ótica da segurança, grande parcela dos acidentes ocorre concentradamente nas intersecções.

É apresentado também os diferentes tipos de controle de intersecções, que são função, nessa ordem, do acréscimo dos volumes de veículos dos cruzamentos:

- Placa “Dê a preferência” R-2.
- Placa “Pare” – Parada obrigatória R-1.
- Mini- Rotatória.
- Canalização.
- Rotatória.
- Semáforo.
- Intersecções em desnível: Pontes, viadutos, túneis, etc.

O autor em primeiro plano faz importante destaque à significância dos cruzamentos de uma cidade, e sua influência direta na qualidade do escoamento do tráfego das vias em geral. Muitos cruzamentos geram impedância a passagem dos veículos, seja por fatores geométricos e de topografia, e mais comumente quando os volumes de tráfego atingem níveis onde começa a haver a “disputa” do espaço comum, na chamada área de conflito do cruzamento. Os veículos e pedestres provenientes das diferentes vias, com origens e destinos diferentes, inevitavelmente terão que se encontrar nos espaços comuns dos cruzamentos, tendo que “negociar” suas manobras. Essa negociação quando se torna mais acirrada, com o aumento do volume de veículos, começa a se tornar difícil e perigosa, influenciando na fluidez com aumento nos atrasos e perda de capacidade, e na segurança com risco potencial de acidentes, destacando-se o conflito “desigual” do veículo com o pedestre, no qual o pedestre quase sempre leva a pior. Essas considerações levam a conclusão de que é fundamental o controle eficaz das intersecções. O autor apresenta uma completa listagem de tipos de soluções para controle das intersecções, passando desde a simples regra geral de circulação até soluções sofisticadas, radicais e custosas como as intersecções em desnível. Verifica-se que o semáforo está listado imediatamente atrás das intersecções em desnível, sendo etapa anterior das grandes obras de arte, o que mostra ser também uma solução radical e custosa. Deve somente ser utilizado quando plenamente justificado, com o cruzamento apresentando volumes mínimos, de veículos e/ou pedestres, os quais seus conflitos não podem ser administrados pelas soluções anteriores.

SZASZ (1992) coloca que a implantação de semáforos é custosa. Esses custos são elevados na implantação, manutenção e operação, além do elevadíssimo custo anual no aumento dos atrasos em que geralmente os semáforos causam. É citado também algumas alternativas à implantação de semáforos, detalhando suas aplicabilidades e critérios, resumidos a seguir:

- *Sinalização de advertência:* Tem pouca eficácia devido à duas considerações:

A primeira é o resultado de estudos que mostram o fato dos usuários estarem dispostos a correr certo risco para ganhar tempo. A sinalização de advertência apenas mostra o “tipo” e a

intensidade do risco de cada local, mas seu poder de influir no comportamento e reduzir os acidentes é pequeno.

A outra é a existência de excesso de placas nas grandes cidades, envolta na poluição visual já existente (propaganda em geral, painéis, out-doors, etc.) tornando-as quase que invisíveis e descredibilizadas.

- *Minirrotatória*: Suas vantagens são de redução de velocidade, advertência da “existência” do cruzamento, melhoria de visibilidade entre os veículos, aumento de capacidade e separação de movimentos. Suas desvantagens são no tráfego de veículos pesados, os quais não conseguem fazer o “giro”, passando por cima, perdendo a eficácia na segurança. A travessia de pedestre é prejudicada pois na rotatória não há parada obrigatória dos veículos e nem refúgio adequado, e por final apresenta perda de capacidade quando o volume de veículos é muito alto, no limiar de valores para implantação de semáforo.
- *Lombadas*: Se os acidentes num local puderem ser resolvidos ou diminuídos pela simples redução de velocidade, a lombada pode ser uma solução eficaz. Esse dispositivo é geralmente aplicado em locais com atropelamentos, colisões em cruzamentos e com tombamentos e capotamentos.

Conclui-se à partir do exposto que a implantação de semáforo deve ser criteriosamente analisada, pois existem outros dispositivos que apresentam bons resultados nos cruzamentos, dependendo de suas características e que são menos radicais e com custos bem menores. O semáforo deve ser implantado quando os estudos apontarem que a relação volume/capacidade ultrapassou os limites de eficácia dos outros dispositivos, tendo que se optar pelo semáforo.

### **1.3 – CRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE SEMÁFOROS.**

DENATRAN (1979) apresenta justificativas de utilização de sinalização semafórica, baseada em propostas estrangeiras já consagradas. Salienta que os critérios não são absolutos e

servem apenas para subsídio à análise, sendo que o conhecimentos do local e o esgotamento de discussões de outras soluções menos custosas e radicais, são elementos importantes para a conclusão final. Os passos propostos à serem estudados são:

- *Volumes veiculares mínimos:* Por este critério justifica-se a implantação de semáforo quando os volumes equivalentes das vias que se cruzam atingirem valores mínimos, os quais dificilmente podem ser administrados por outros dispositivos, a não ser pelo próprio semáforo. Esses valores variam, do caso mínimo constituído de duas aproximações com uma faixa de tráfego cada, de um volume de 500 veículos equivalentes por hora na via preferencial (nos dois sentidos) por 150 na via secundária (do sentido com maior volume, caso mão-dupla), até o caso máximo de cruzamento de duas aproximações, com duas ou mais faixas em cada aproximação os quais valores são de 600 x 200 veículos equivalentes por hora, respectivamente. Esses volumes deverão corresponder à média das oito horas de maior volume na intersecção, preferencialmente obtidos no período entre 07:00 e 20:00.horas, para se obter um perfil significativo do volume, abrangendo os períodos do dia mais significativos.
- *Interrupção do tráfego contínuo:* Aplica-se no caso da via secundária que mesmo não possuindo volume significativo, pode apresentar extrema dificuldade e risco em cruzar ou até mesmo de entrar na corrente de uma via principal com alto volume de tráfego. Justifica-se a implantação de semáforo com as seguintes valores de volumes: Para cruzamento de uma faixa de tráfego para cada aproximação, 750 veículos equivalentes por hora na via principal x 75 veículos na via secundária. Em cruzamentos de duas faixas por aproximação, 900 veículos por hora x 100 veículos por hora.
- *Volumes conflitantes em intersecções de cinco ou mais aproximações:* Quando a somatória dos volumes das aproximações ultrapassar o mínimo de 800 veículos equivalentes por hora desde que não seja possível transformar a intersecção para quatro aproximações.

- *Volumes mínimos de pedestres:* Quando determinados volumes mínimos de conflito veículos x pedestres são atingidos.
  - 250 pedestres por hora em ambos os sentidos de travessia.
  - 600 veículos/hora (nos dois sentidos) em vias de mão dupla sem canteiro central ou com canteiro com largura inferior a 1 metro.
  - 1000 veículos/hora (nos dois sentidos) quando há canteiro central com largura igual ou superior à 1 metro.
- *Índice de acidentes:* Pode-se justificar semáforo quando se apresentar as seguintes características:
  - Os acidentes registrados são do tipo corrigíveis pelo semáforo.
  - Esgotou-se as tentativas de redução de acidentes através de outros dispositivos.
  - A ocorrência de no mínimo 5 acidentes com vítimas por ano.
- *Melhoria do sistema progressivo:* Pode ser justificada a implantação de um semáforo em um cruzamento que se localize num trecho que exista um sistema coordenado de semáforos. O fato de não existir semáforo nesse cruzamento pode estar prejudicando a progressão do tráfego daquela via. O semáforo pode melhorar o escoamento, estando sincronizado com os demais.
- *Controle de áreas congestionadas:* Em áreas onde esgotou-se as tentativas de melhoria da fluidez, havendo congestionamentos constantes e inevitáveis, justifica-se nos seguintes casos:
  - Entrelaçamentos complexos, onde o semáforo alternaria a passagem dos veículos de cada via, minimizando os problemas de conforto e segurança.
  - Quando existe fila numa via bloqueando o cruzamento anterior pode-se implantar semáforo neste para melhor controle e fluidez da transversal.
- *Combinação de critérios:* Quando ocorre determinado percentual de eventos relacionados aos critérios anteriores:

- Quando 2 dos critérios de 1 a 5 forem observados em no mínimo 80%.
- Quando 3 dos critérios de 1 a 5 forem observados em no mínimo 70%.
- *Situações locais específicas*: Situações especiais, plenamente justificadas pelo técnico.
- *Regra geral de visibilidade*: Em relação a todos os critérios já apresentados, recomenda-se alterar os valores dependendo do grau de visibilidade dos veículos na aproximação dos cruzamentos. Quando há boa visibilidade, os valores mínimos podem ser diminuídos em 20%. No caso de boa visibilidade, aumenta-se em 20%.

A utilização de critérios para implantação de semáforos é de extrema importância, pois apresenta limites claros e objetivos para que o técnico se balize na decisão de implantação de semáforos, haja visto como já enfatizado anteriormente, o semáforo é um dispositivo de controle que deve ser usado apenas em determinadas características, por constituir-se em solução radical e custosa que se implantado prematuramente pode causar mais danos do que benefícios, podendo complicar a fluidez e até aumentar os acidentes. Existem correntes técnicas de profissionais que defendem que o conhecimento do local aliado com a experiência profissional e observações de campo bastam para a tomada de decisão. Somente isso pode ser perigoso e pobre, sendo estritamente necessário as pesquisas de fluxo de veículos e de pedestres em diferentes horários e dias e é claro várias observações de campo, consultas à comunidade e usuários locais, e por fim justificar, baseado num critério consagrado, que com certeza, apesar de suas falhas, foi elaborado com profundos estudos e com base científica, e até que se tenha outro mais atual e considerado melhor, deve ser utilizado e respeitado, para não incorrer em projetos de má qualidade. Apesar de antigos, os critérios do Denatran<sup>3</sup> são os mais conhecidos no meio técnico e os únicos utilizados para justificar a implantação de semáforos, bem como a eventual retirada de algum semáforo já existente ou até para acréscimo de fases semaforicas, veiculares ou para pedestres. É constituído basicamente de critérios baseados em volumes de tráfego, de veículos e de pedestres

e também de índice de acidentes, onde estabelece valores mínimos para diferentes situações visando englobar o maior número de casos. Ao longo dos anos o critério foi amplamente utilizado dando mostras de que seus valores estão muito próximos da realidade, no caso dos volumes mínimos, os quais quando são ultrapassados realmente se observa nos cruzamentos a dificuldade de administração dos conflitos e é geralmente sentida a necessidade de implantação de semáforo.

Porém não há explicação de como se obteve aqueles valores, e esses subsídios seriam de grande importância como elementos de análise. No caso de acidentes, a subjetividade é grande pois coloca-se considerações como “acidentes do tipo corrigíveis por semáforo” ou “todas as tentativas de diminuir os acidentes já foram tentadas” ou valores do tipo “5 acidentes com vítima por ano” justificando a implantação de semáforo o que não parece consistente, devendo o técnico procurar obter melhores subsídios.

## **II – PROJETOS E PROGRAMAÇÕES DE TEMPOS.**

Após o estudo e observação dos critérios, resultando na decisão da utilização de semáforo nos locais de interesse, parte-se para a elaboração do projeto que vai detalhar a implantação física dos equipamentos, a escolha do sistema de controle e a programação de tempos. O primeiro passo é a avaliação preliminar e depois a elaboração do projeto propriamente dito.

### **2.1 – AVALIAÇÃO PRELIMINAR.**

Consiste em fazer um reconhecimento mais profundo do local, com realização de vistorias onde se faz a observação de campo e o levantamento da sinalização existente, e as entrevistas com a comunidade. Pelo fato das pessoas viverem no local diariamente, podem fornecer subsídios importantes sobre a peculiaridade do local, em relatos de características não

observáveis nas vistorias. A consulta aos técnicos e equipes operacionais da região é imprescindível, podendo-se levantar as principais características e sugestões. Análise da circulação existente também deve ser estudada a fim de verificar se os sentidos de circulação estabelecidos das vias em questão estão adequados e se alguma alteração pode ser benéfica para o projeto.

## **2.2 – PROJETO**

### **2.2.1 – Pesquisas**

As pesquisas necessárias para a elaboração de projetos semafóricos são basicamente as pesquisas de fluxo. EJZEMBERG (1996 a) apresenta as definições e conceitos de fluxos veiculares.

- Volume (ou fluxo veicular ou fluxo) e taxa de fluxo.
  - Volume é definido como sendo o número total de veículos ou pedestres que passa numa seção de via em um determinado intervalo de tempo. O volume utilizado nos estudos de tráfego urbano é o volume horário, que é obtido através da contagem classificada (de veículos e pedestres) que pondera (atribui pesos) para cada tipo de veículo fazendo a equivalência dos valores. Ex. carro = 1, ônibus e caminhões = 2, carretas = 3, motocicleta = 0,5 etc. Dependendo da precisão exigida pelo estudo, determina-se o período do dia em que se fará a contagem, que pode ser de apenas 15 minutos até períodos extensos abrangendo o dia inteiro.
- Fluxo de saturação.
  - Fluxo de saturação é o número máximo de veículos que pode passar por uma seção de via na unidade de tempo. É função basicamente das características físicas das vias e composição do tráfego, tais como topografia, largura útil, condições do pavimento, interferências visuais, etc. que influem aumentando ou diminuindo os valores de passagem dos veículos

dependendo das restrições em que cada item impõe em cada seção de via. Pode ser obtido de duas maneiras. A forma direta, pelo método do histograma de fluxo, consiste na medida do número de veículos que passam na aproximação em pequenos intervalos de tempo (na ordem de 5 em 5 segundos), construindo-se um gráfico e o patamar obtido determina o valor do fluxo de saturação com grande precisão. A forma indireta apresenta uma tabela que associa diferentes valores médios de fluxo de saturação às características físicas e composição do tráfego. Apresenta bons resultados práticos não tão precisos, mas suficientes para aplicação na maioria dos casos.

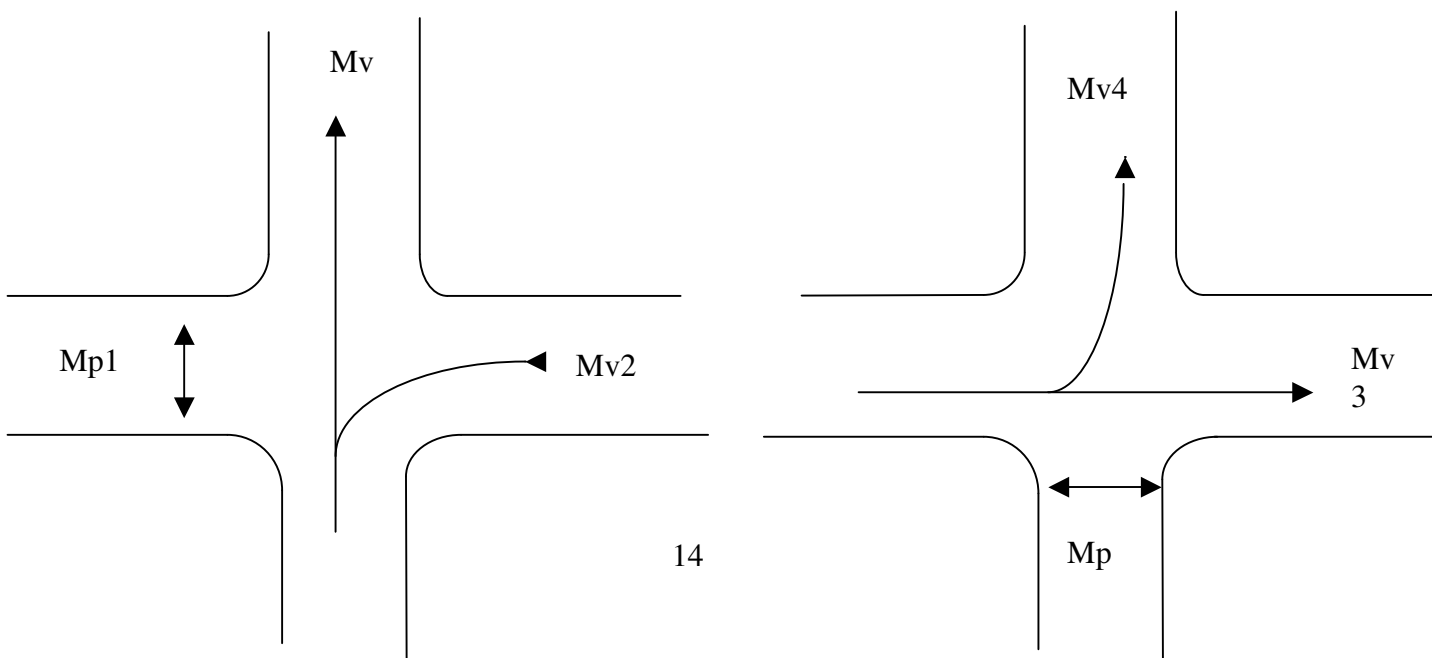
- Índice de acidentes: Verificação dos registros de ocorrência de acidentes nos cruzamentos ou trechos de via. Importante para diagnosticar os problemas de segurança dos cruzamentos, visando minimizá-los.

### 2.2.2 – Parâmetros básicos. Conceitos.

CET (1990 b) apresenta os conceitos básicos de operação semafórica.

- Movimentos: Fluxo de veículos de mesma origem e destino numa intersecção.
- Aproximação: Trecho de via que converge para uma intersecção.

**FIGURA 2.1: Representação dos movimentos veiculares e de pedestres**



Mp – Movimento de pedestres

Mv – Movimento de veículos

- Movimentos compatíveis: Aqueles que podem ocorrer simultaneamente.

Ex. Mp1, Mv1 e Mv2

e

Mp2, Mv3 e Mv4

- Movimentos não compatíveis:

Ex. Mp1x Mv3 e Mv4

Mp2 x Mv1 e Mv2

Mv1 e Mv2 x Mp2, Mv3 e Mv4

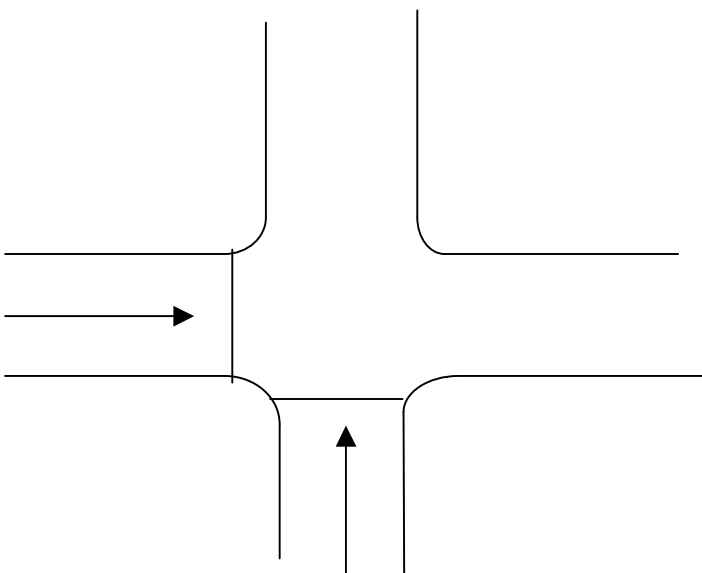
Mv3 e Mv4 x Mp1, Mv1 e Mv2

- Grupo semafórico: Conjunto semafórico que dará o direito de passagem (verde) simultaneamente aos movimentos compatíveis. Ex.
  - Para os movimentos compatíveis Mv1 e Mv2 – 1 grupo semafórico G2.
  - O movimento Mp1 poderia receber também a nomenclatura G2, mas por ser de pedestres, convencionou-se 1 grupo semafórico P2.
  - Para os movimentos Mv3 e Mv4, 1 grupo semafórico G1.
  - Para o movimento Mp2, 1 grupo semafórico P1.

### FIGURA 2.2 – Aproximações dos cruzamentos.

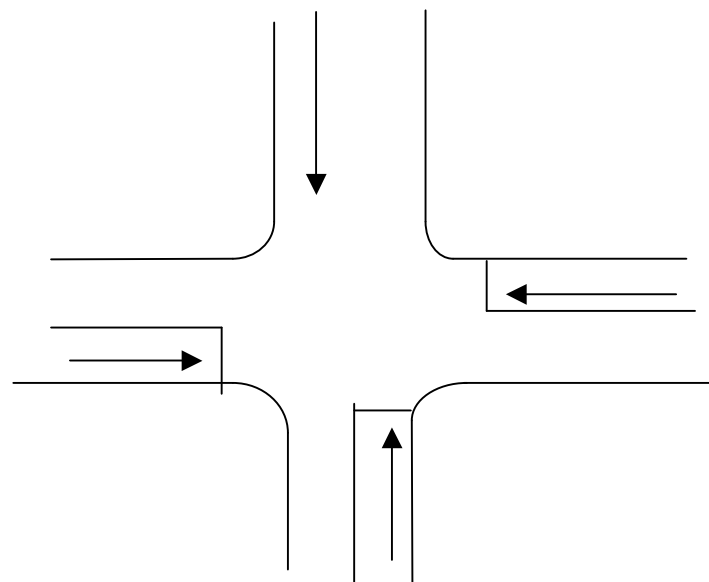
Mão-única x Mão-única

(2 aproximações)



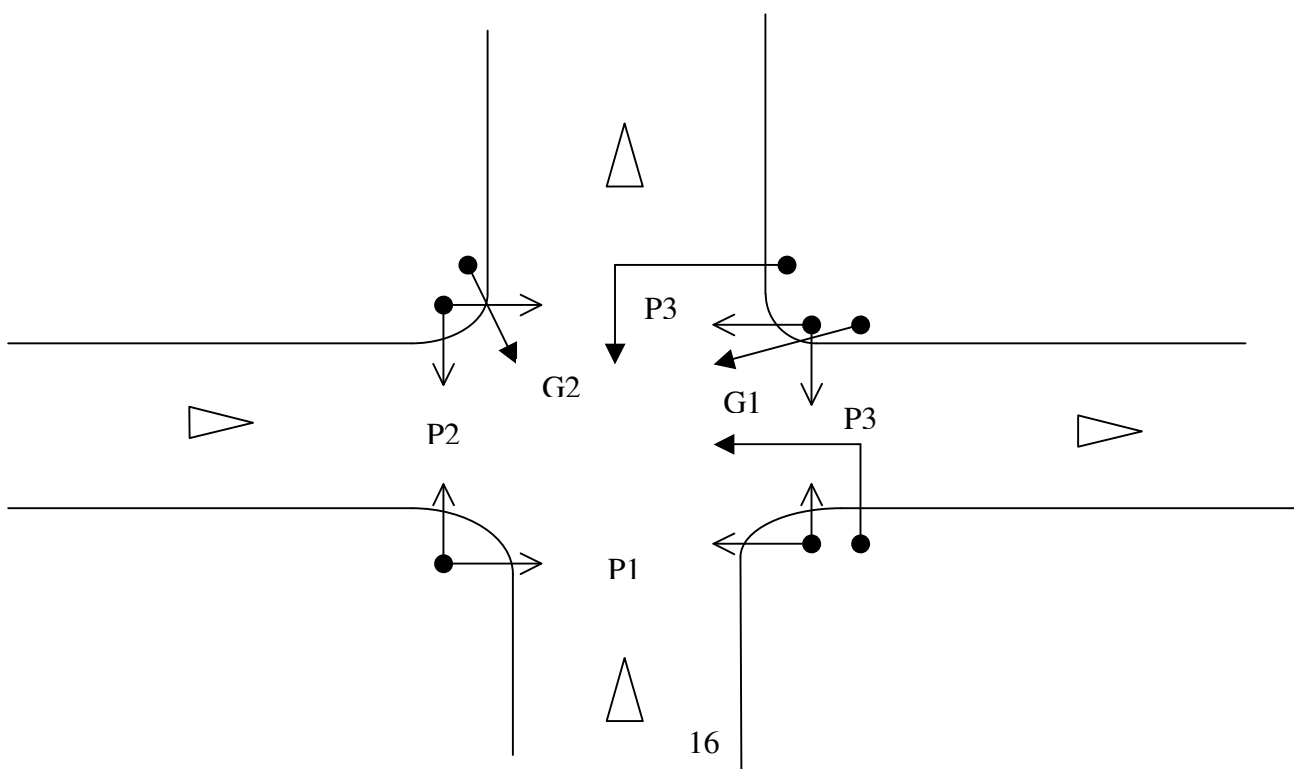
Mão-dupla x Mão-dupla

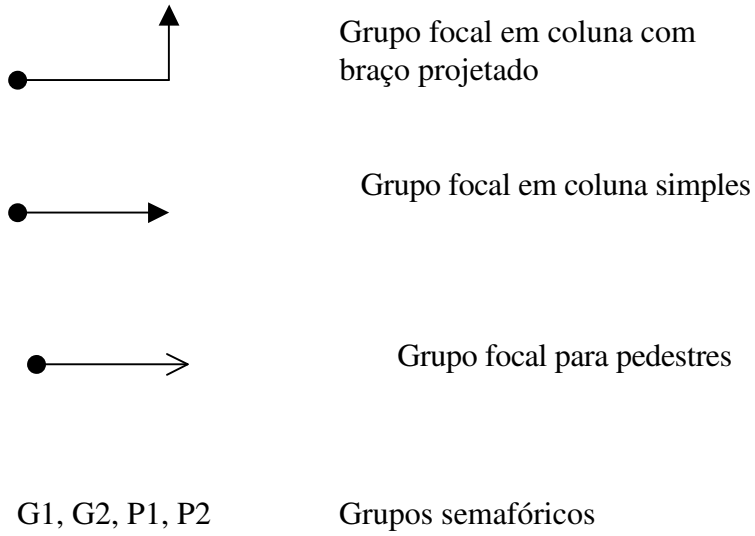
(4 aproximações)



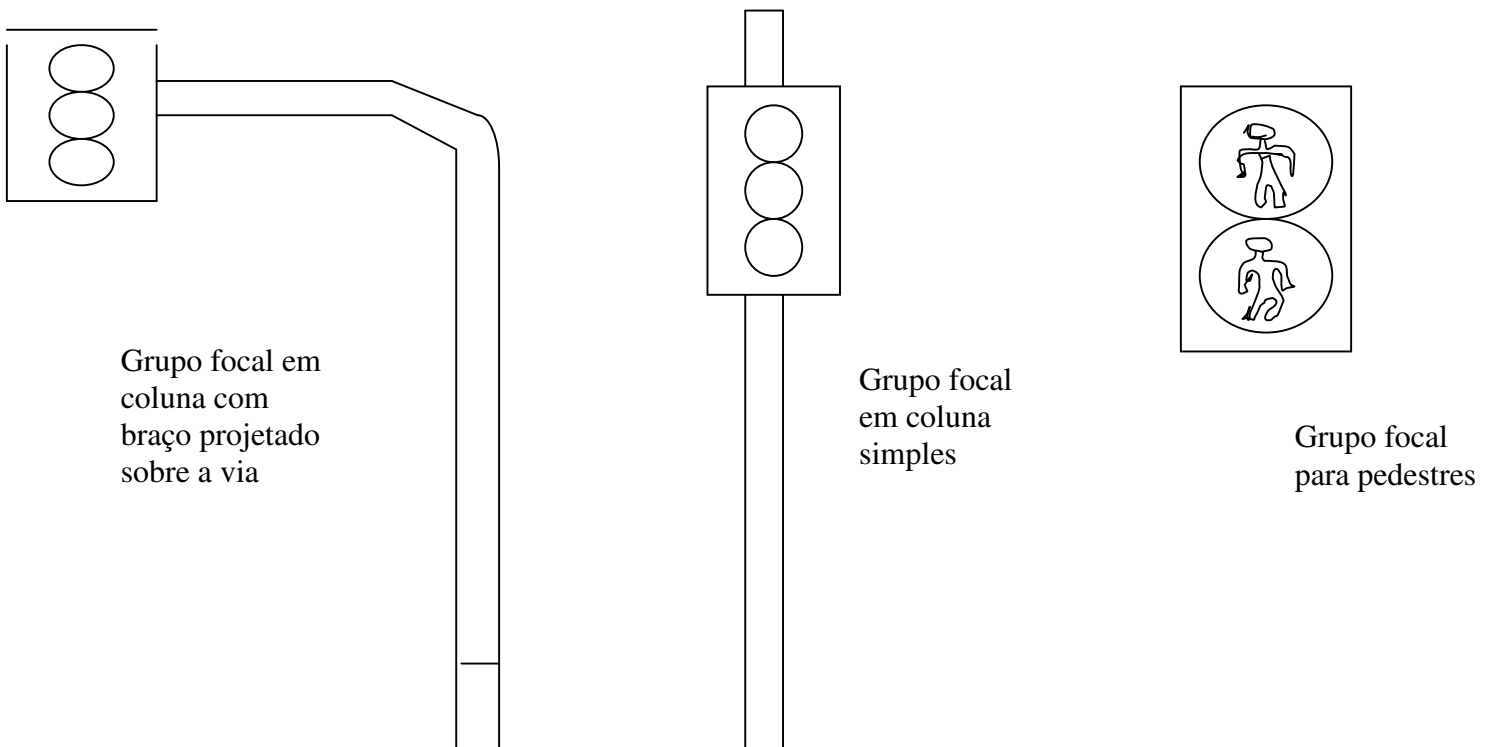
- Estágio: Intervalo de tempo em que um ou mais grupos semaforicos não conflitantes entre si recebem o direito de passagem (verde)
- Entreverdes: É o tempo decorrido entre o final do tempo de verde de um estágio até o início do tempo de verde do estágio anterior. Geralmente é formado pelo tempo de amarelo mais o tempo de vermelho de segurança, quando houver.
  - *Tempo de amarelo*: Intervalo de tempo que tem como finalidade mostrar aos condutores de veículos o termino do seu direito de passagem, além de permitir o julgamento e a decisão sobre se vai conseguir parar no semáforo ou se não há condições de parar, prosseguindo a travessia do cruzamento.
  - *Tempo de vermelho de segurança*: Tempo necessário para que os veículos que tiveram que prosseguir a marcha após o início do amarelo, consigam cruzar com segurança antes de se iniciar o “verde” da via transversal.
- Tempo de ciclo: É o tempo para a seqüência completa da operação de um semáforo, composto pela somatória do tempo de todos os estágios.

**FIGURA 2.3: Representação gráfica de cruzamento semaforizado.**

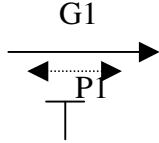
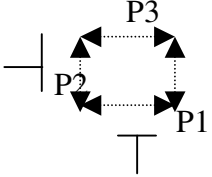
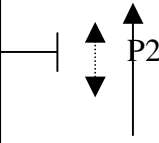




**FIGURA 2.4: Vista frontal esquemática de grupos focais e colunas semaforicas.**



**FIGURA 2.5: Diagrama de estágios com esquema completo de operação de um semáforo.**

Estágio	Estágio	Estágio
		
TV = 25 E.V. $\left\{ \begin{array}{l} T_a = 4 \\ T_{vs} = 1 \end{array} \right.$ T. estágio = 30	Tvp = 7 E.V. $\left\{ \begin{array}{l} T_{vmpisc} = 4 \\ T_{vs} = 0 \end{array} \right.$ T. estágio = 11	TV = 13 E.V. $\left\{ \begin{array}{l} T_a = 4 \\ T_{vs} = 2 \end{array} \right.$ T. estágio = 19
Tempo de ciclo ( TC ) = $\Sigma$ T estágios = 60		

Onde TV = tempo de verde  
 Ta = tempo de amarelo  
 Tvs = tempo de vermelho de segurança  
 EV = entre verdes  
 T estágio = tempo total do estágio

### 2.2.3 – Locação do equipamento.

EJZEMBERG (1996 b) apresenta os aspectos de segurança na locação dos grupos focais e elementos de sustentação.

- Características necessárias da sinalização semafórica: A principal característica da sinalização de trânsito, independente do tipo é a padronização, que esta inserida na legislação através do Código de Trânsito Brasileiro. A padronização da sinalização semafórica visa propiciar aos condutores a clareza e o entendimento. Para isso é necessário a uniformização das regras de uso, instalação e combinação da sinalização semafórica, como todos os tipos de sinalização, que procuram uniformizar a reação dos condutores face a estes sinais, resultando numa maior segurança e eficiência desses dispositivos.
- Locação dos grupos focais: Dependendo do sentido de circulação das vias , a sinalização

semafórica tem um tipo diferente de posicionamento, e esse padrão condiciona o motorista a posicionar-se corretamente, habituando-o a reconhecer o sentido de circulação da via em que se está trafegando. Essa padronização induz o motorista a posicionar-se à direita nas vias de mão dupla, e no caso da mão única mostra que podem ser utilizados ambos os lados da via nas diferentes faixas de rolamento existentes. Tem também importantíssima função na complementação da sinalização horizontal e vertical que também estabelecem o sentido de circulação, mas que em alguns casos como de chuvas ou à noite tem sua visibilidade muito diminuída, sendo que o semáforo continua orientando os motoristas mesmo nas situações adversas.

- Sentido único: Os grupos focais são posicionados à frente e à esquerda do condutor que se aproxima do semáforo.
- Duplo sentido: Os grupos focais sempre ficam à frente e à direita do condutor.
- Grupos focais por aproximação: São utilizados no mínimo 2 grupos focais por aproximação para uma boa visibilidade dos condutores nas diversas situações adversas encontradas no tráfego. Os motivos principais são:
  - Minimizar o encobrimento da visibilidade dos grupos focais causados pelos veículos de grande porte, ônibus e caminhões.
  - Garantir boa visibilidade à distância, principalmente em vias largas.
  - Na ocorrência de queima de uma lâmpada de um dos grupos, existe ainda as lâmpadas acesas do outro grupo, mantendo a sinalização.
  - Para obter o efeito de “mostrar” o sentido de circulação da via, já abordado anteriormente.
- Grupos focais em braço projetado: Existem vários fatores que prejudicam a visibilidade dos grupos focais implantados em coluna simples, tais como poluição visual, arborização, tráfego de caminhões e ônibus, postes de iluminação pública, bancas de jornal, etc. Para minimizar estes efeitos existe o recurso do braço projetado à via, no qual é implantado um dos grupos focais (ou mais dependendo o caso) o qual terá maior visibilidade à distância por estar

melhor posicionado dentro do cone de visão do motorista e longe das interferências visuais.

O grupo focal em braço projetado é recomendado nas seguintes situações:

- Vias com canteiro central.
- Vias de sentido duplo com elevada poluição visual.
- Todas as vias de mão dupla.
- Vias de alta velocidade.
- **Visibilidade à distância:** O semáforo deve ser instalado sempre à uma distância mínima de visibilidade dos condutores que se aproximam, que é função da velocidade imprimida por eles. Quanto maior a velocidade, maior deverá ser a distância de visibilidade para que os motoristas possam perceber à tempo as mudanças do semáforo e reagir adequadamente à sinalização. Como exemplo, um semáforo existente após um trecho em curva, se muito próximo do ponto do início da visibilidade dos motoristas (após a curva) se torna perigoso pois não dá condições mínimas de percepção e reação para que se possa parar no semáforo vermelho com segurança sem manobras bruscas, causando acidentes. As distâncias mínimas recomendadas são:

**TABELA 2.1: Distâncias de visibilidade mínimas recomendadas:**

Velocidade (km / h)	Distância mínima de visibilidade (m)
30	30
40	50
50	80
60	110
70	140
80	170

Um outro aspecto abordado é o da importância da visibilidade do fim da fila gerada pelo semáforo, a qual deve ser vista à tempo de reagir pelos motoristas que se aproximam. Como os tempos semaforicos são cíclicos, há a tendência de se haver extensões de fila de tamanhos constantes em determinados períodos, gerados pelo tempo de vermelho e a chegada dos veículos. O final desta fila não pode estar, por exemplo, num ponto onde o motorista que se aproxima não enxergue os veículos parados a uma distância muito pequena que não ofereça condições de parar com segurança (após uma curva por exemplo), pois haverá inevitáveis choques. Os projetistas devem se ater a isso, não utilizando somente os valores da tabela, que não levam esses fatores em consideração. De posse dos valores dos tempos semaforicos, deve se estimar o comprimento da fila e verificar a segurança do ponto do final da mesma. A distância de visibilidade do final da fila deve ser o mesmo da tabela para visibilidade dos semáforos.

- Semáforos em intersecções complexas: As intersecções complexas são aquelas que freqüentemente tem sua geometria e topografia irregulares, dificultando sobremaneira a locação de colunas e grupos focais. As normas apresentadas até aqui tem eficácia quase total nos cruzamentos regulares, mas nos cruzamentos complexos muitas vezes apenas a aplicação das normas não atende as condições de segurança, tendo-se que modificar os posicionamentos padrões para se obter a visibilidade necessária da sinalização. Recomenda-se então nestes casos utilizar as normas apenas como referência e seguir os seguintes critérios:
  - Os condutores deverão poder identificar os grupos com clareza e rapidez.
  - A visibilidade à distância deve ser respeitada.
  - Que o semáforo possa continuar “mostrando” o sentido de circulação das vias.

#### **2.2.4 – Sistemas de controle de tráfego.**

De uma forma conceitual, EJZEMBERG (1996 c) expõe os sistemas de controle de tráfego existentes mais comuns.

- Classificação dos sistemas de controle semafórico: Existem três características principais dos sistemas de controle. Coordenação entre intersecções, responsividade ao tráfego e distribuição dos equipamentos de controle.
  - *Coordenação entre intersecções*: As intersecções podem ser ou não coordenadas entre si, o que significa ter uma relação de funcionamento entre o equipamento semafórico de um cruzamento com o equipamento do outro. Quando não há essa relação, denomina-se que a intersecção é controlada por um sistema isolado, o qual só leva em consideração o cruzamento em que está instalado, não trabalhando em conjunto com os semáforos dos cruzamentos adjacentes.
  - *Responsividade ao tráfego*: Os sistemas semafóricos podem ter ou não responsividade ao tráfego, que significa que os tempos de operação dos semáforos não são fixos, variando em função da detecção do volume de veículos que se aproximam do cruzamento, atribuindo e aplicando no mesmo momento (tempo real) valores de tempos necessários para atendimento daquela demanda de veículos. Os sistemas não responsivos são chamados de sistemas à tempos fixos, os quais não variam os tempos de verde, ciclo e defasagem em função dos veículos que estão passando por ali no momento, e sim por planos de tráfego pré programados, dimensionados a partir de pesquisa de volume de tráfego efetuadas no local em diferentes períodos, sendo construídos e aplicados esses planos para atender a demanda média em cada diferente período do dia.
  - *Distribuição dos equipamentos de controle*: Os equipamentos instalados no sistema viário podem ser comandados por dois sistemas diferentes. O sistema *centralizado* controla um ou mais conjuntos de intersecções através de somente um centro de controle. No sistema *distribuído* o controle existe em cada conjunto de semáforos individualmente, no local.

- Sistemas de controle isolado: É aquele em que o equipamento de controle (controlador semafórico) controla apenas uma intersecção, isolada das demais, sem nenhum relacionamento com os semáforos dos cruzamentos adjacentes. Existem dois tipos de sistemas isolados:
  - *Sistema isolado a tempos fixos*: Constitui-se basicamente de um sistema que controla somente o semáforo do cruzamento onde está instalado, contendo um ou vários programas (planos de tráfego) que atribuem os tempos pré programados ao semáforo, sendo estes planos programados à tempos fixos, ou seja, não havendo variação dos tempos em função dos fluxos de tráfego. Quando o controlador é capaz de armazenar um só programa, o sistema é chamado de *monoplano*, que aplica somente um plano de tráfego à tempos fixos 24 horas por dia. Quando o controlador permite a programação de vários planos, ele é denominado de *multiplano*, no qual são armazenados diversos planos de tráfego à tempos fixos com temporizações diferentes, aplicados tanto em diferentes horários do dia como diferentes dias da semana, planos estes calculados para atender a demanda específica daquele horário e dia, dimensionados à partir de pesquisa de fluxo de tráfego e capacidade viária.
  - *Sistema isolado responsivo*: O controle isolado responsivo ou controle atuado pelo tráfego baseia-se na variação do tempo de verde de uma aproximação, associado a um determinado estágio, entre um valor mínimo e um valor máximo programáveis no equipamento. O tempo de verde será definido pelo controlador em função do fluxo detectado. À partir da duração mínima de verde programado (que é fixa), são adicionadas as extensões de verde acionadas pela detecção de veículos passando pelos detectores, adicionando tempo à medida da passagem de cada veículo. As extensões são limitadas até o valor do verde máximo programado. Nessa categoria se enquadra também o chamado controlador semi-atuado, o qual tem detectores de veículos instalados apenas em uma das aproximações, sendo utilizado geralmente em cruzamentos cuja via secundária apresenta volume de veículos muito baixo, só recebendo verde à partir da detecção da passagem de veículos,

evitando assim que o semáforo dê o direito de passagem para uma rua no momento em que não há nenhum veículo para passar. O sistema de detecção semi-atuado não é só veicular, mas também de pedestres, que à partir do acionamento manual do detector específico chamado de “botoeira”, que é instalada nas colunas de sustentação do semáforo, faz com que haja a interrupção da corrente de tráfego de uma determina via, recebendo o pedestre tempo necessário de verde para poder atravessá-la. Os detectores veiculares são geralmente constituídos de chapas metálicas instaladas abaixo da capa asfáltica, juntamente com cabos que alteram as características eletromagnéticas com a presença da massa metálica de um veículo, ocasionando a detecção do mesmo e o envio desta informação para o controlador semafórico que toma a decisão programada.

- Sistemas de controle coordenados de semáforos:
  - *Controle coordenado distribuído a tempos fixos*: Sistema que controla um conjunto de intersecções à tempos fixos, ou rede de semáforos não centralizados (distribuído). A rede é composta por um grupo de controladores, cada um controlando um ou mais cruzamentos, em malhas viárias onde é necessário o inter-relacionamento da temporização semafórica de todos os cruzamentos envolvidos, visando obter e manter a progressão adequada dos semáforos, composta da seqüência luminosa entre os cruzamentos através da defasagem entre eles. As redes à tempos fixos podem ser compostas de controladores monoplanos, porém é mais comum as redes de controladores multiplanos, que contém relógio de horas e dias da semana, que selecionam a troca dos planos através de uma tabela horária, que programa as entradas e saídas dos planos em diferentes horários do dia e dias da semana e em alguns casos até de datas.
  - *Controle centralizado a tempos fixos*: É o sistema que controla um grande número de intersecções semaforizadas à partir de uma *central de controle*, que implementa

diretamente os tempos dos semáforos, transmitindo-os aos controladores semaforicos dos locais, os quais aplicam nos semáforos as programações recebidas. As programações de todos os semáforos são armazenados na central em bancos de dados informatizados, que estão disponíveis nos computadores existentes, que tem a função de controlar e também de monitorar os controladores locais, detectando eventuais falhas de funcionamento e recebendo dados de fluxo e ocupação das vias através de laços detectores instalados, e através destes dados fazer leituras da situação de tráfego das vias, da existência de congestionamentos ou morosidade do tráfego. Uma das maiores vantagens deste sistema é a possibilidade de alteração dos planos de tráfego à partir de comandos dos técnicos da central de controle, onde pode-se variar os tempos de um plano corrente ou até substituí-lo por um outro plano mais adequado à situação momentânea daquele local ou região.

Exemplo: O sistema SEMCO da cidade de São Paulo.

O sistema SEMCO – “Semáforos Coordenados por Computador” opera desde 1982, atualmente sendo substituído por um sistema centralizado responsivo em tempo real. Sua configuração é de um sistema centralizado à tempos fixos com detectores estratégicos. Controlava ao todo 470 cruzamentos do sistema viário principal da cidade. Seus controladores e detectores de veículos são interligados à central de tráfego em área, que contém os arquivos dos planos de tráfego que são implementados nos semáforos. Admitia três formas de seleção de planos:

- Tabela horária: Aplicando planos segundo o horário do dia e o dia da semana.
- Seleção de planos por operador: Os técnicos da central de controle podem selecionar qualquer plano gravado e implementá-lo, independente da tabela horária. Também pode-se variar os tempos do plano que está corrente naquele momento.

- SAP – Seleção automática de planos: À partir da detecção de fluxo e ocupação de uma determinada via o sistema pode escolher dentro dos planos existentes, através de uma tabela de decisão, o mais adequado aquela situação.

A operação do sistema SEMCO resultou na redução de aproximadamente 10% nos tempos médios de percurso, resultado de pesquisas efetuadas antes e depois de sua implantação.

- *Controle centralizado responsivo* – Tempo real: Sua configuração é semelhante à do controle centralizado à tempos fixos, com a diferença de possuir nos cruzamentos laços detectores em todas as aproximações, com o intuito de coletar os dados de fluxo dos veículos que estão se aproximando, subsidiando o sistema a processar os dados, convertendo-os em valores de tempos aplicados no mesmo momento para atendimento daqueles mesmos veículos que foram detectados. Por isso denomina-se “tempo real” porque adapta os tempos de verde de um ciclo ao perfil de tráfego que efetivamente está medido naquele ciclo. Esse sistema de controle calcula em tempo real os melhores tempos de ciclo, de verde e defasagens de todos os controladores do sistema. Os tempos de verde e defasagens são modificados à cada ciclo, mas a modificação do ciclo ocorre em média a cada 5 minutos. Dos sistemas responsivos existentes que geralmente são utilizados no controle centralizado responsivo, o mais comum é o SCOOT.

O sistema SCOOT- Split, Cycle and Offset Optimization Technique foi desenvolvido pelo TRL de Londres (antigo TRRL). No programa SCOOT as informações de fluxo são recolhidas continuamente pelos detectores e processadas, alterando o plano vigente (verde e defasagem) e dando parâmetros para decisão sobre a mudança do ciclo, para atender o fluxo variável do tráfego. Para iniciar, o SCOOT necessita de alguns planos pré-programados de tempos fixos chamados de plano de início, onde à partir destes começa a ser feita a otimização dos tempos semafóricos.

O SCOOT tem apresentado excelentes resultados na redução dos atrasos no tráfego na comparação com os sistemas a tempos fixos:

TABELA 2.2: Comparação de sistemas de tempo fixo com sistema SCOOT na redução de atrasos.

CIDADE	REDUÇÃO NOS ATRASOS	FONTE
Glasgow	11%	TRRL
Coventry	29%	TRRL
Worcester	10%	TRRL
Southampton	15%	TRRL
Pequim	20%	Inst. Pesq. Traf. Pequim
Toronto	22%	Prefeitura de Toronto

### 2.2.5 – Controladores semafóricos existentes.

Baseado no trabalho da CET (2000), apresenta-se os controladores semafóricos existentes mais utilizados no Brasil, com acréscimo de outros sistemas mais atuais que não existiam em operação na época.

TABELA 2.3: Controladores eletromecânicos.

FABRICANTE	MODELO	NÚMERO MÁX. GRUPOS SEMAF.	NÚMERO PLANOS PROGRAMÁVEIS
Sobrasin Digitronic Petracco-Nicoli	S-4	4	1
	S-5 (botoeira)	2	
	S-6	6	
	S-12	12	
Eagle	Engetran EF-30	6*	3
	Engetran EF-20	6*	

**TABELA 2.4: Controladores eletrônicos.**

FABRICANTE	MODELO	NÚMERO MÁX GRUPOS SEMAF.	NÚMERO PLANOS PROGRAMÁVEIS
Digicon	MCT	8	4**
	CD-100	16	16
	COTRA I	8	4
	COTRA IV	16	8
Tesc	FLEXCON III	12	8 local / 32 central
	FLEXCON III-S	6	
Brascontrol	BTC 2002	3	8
	BTC 2010	16	16
Plessey	T-99	8	8 local 30 central T-99 40 central T-400
	T-400	16	
Peek	TSC-3	16	8 local / 99 central
Sainco	RMX-y	32	127 local / 60 central ***

\*Extensível até 18 grupos semaforicos com utilização de chaves magnéticas.

\*\*Extensível até 8 planos.

\*\*\*Possibilidade de expansão.

## 2.3 – PROGRAMAÇÃO DOS SEMÁFOROS.

### 2.3.1 - Seqüência de estágios

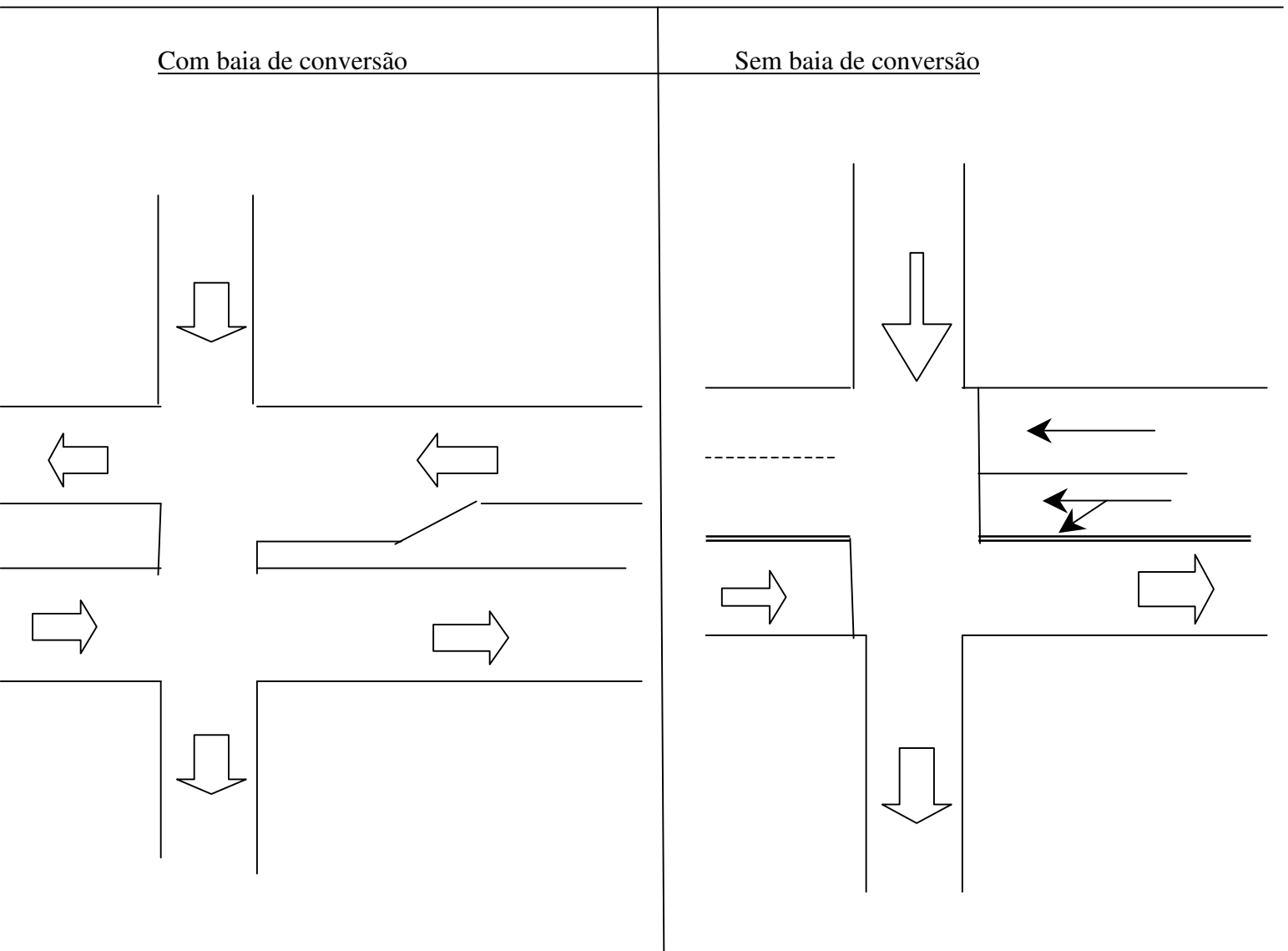
A determinação da seqüência de estágios é importante e decisiva tanto para a segurança como para a fluidez do cruzamento semaforizado em questão. Após a construção dos estágios, os quais estabelecem os movimentos veiculares e de pedestres que poderão receber o direito de passagem simultâneo, resta agora o desafio de decidir sobre a melhor seqüência, ou seja, qual estágio que acontecerá após o outro e se a seqüência adotada não causará problemas operacionais,

nos aspectos de segurança, fluidez e conforto. É claro que ao se tratar de semáforos de dois estágios não há dúvidas, a seqüência é sempre 1-2-1. Mas quando existir três ou mais estágios, existirá o dilema; é melhor 1-2-3 ou 1-3-2 ?; qual seqüência é a melhor? Existem os seguintes critérios de análise, para os casos de estágios para pedestres e estágios de conversão.

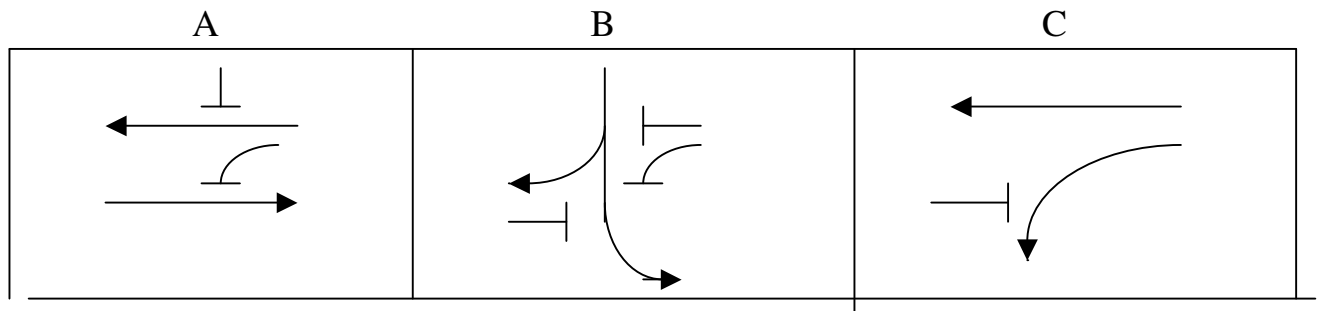
EJZEMBERG (1996 b) faz a discussão das seqüências de estágios e suas vantagens e desvantagens.

- Existência de estágio para pedestres: Requer extrema cautela na determinação da seqüência pois uma escolha inadequada pode expor os pedestres a riscos muitos deles não detectados nas vistorias. Nenhuma seqüência elimina totalmente os riscos mas busca-se a que os minimiza. Através de pesquisas e observações de campo determina-se no cruzamento as linhas de travessias críticas, que são a que apresentam maior volume de pedestres em conflito com o movimento veicular de maior volume. Então, o estágio para pedestres deve ocorrer sempre após o estágio veicular conflitante com a travessia crítica, proporcionando o melhor momento de se atravessar. Essa seqüência nunca deve ser alterada em nenhum horário para não gerar confusão nos pedestres que terá a expectativa de atravessar sempre após a parada de um determinado movimento conhecido, e a mudança pode induzir o pedestre a erros de avaliação e com isso aumentar o risco potencial de atropelamentos.
- Existência de estágio de conversão à esquerda: A melhor seqüência depende de vários fatores que variam para cada caso estudado. As seqüências possíveis apresentam vantagens e desvantagens. A seguir será apresentado as características de cada seqüência:

**FIGURA 2.6: Exemplos de cruzamentos com movimentos de conversão à esquerda.**



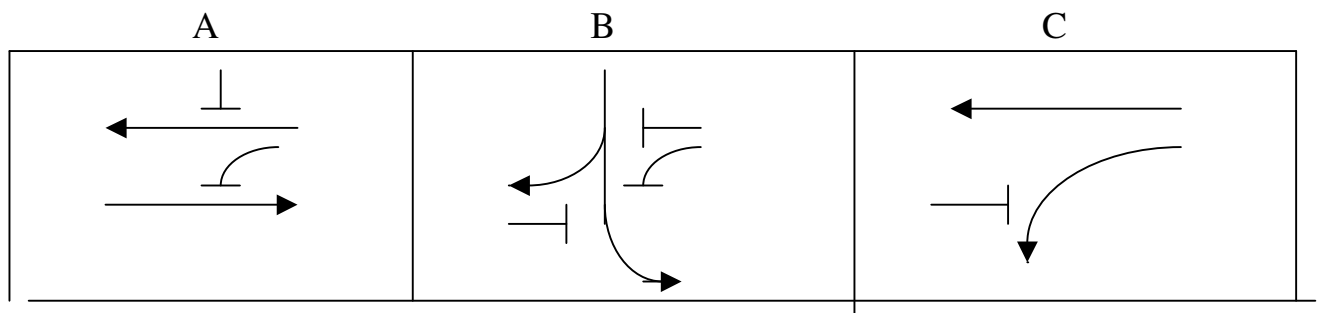
Estágios:



**TABELA 2.5: Comparativos entre seqüências de estágios em semáforos com conversão à esquerda.**

Seqüência ABC:

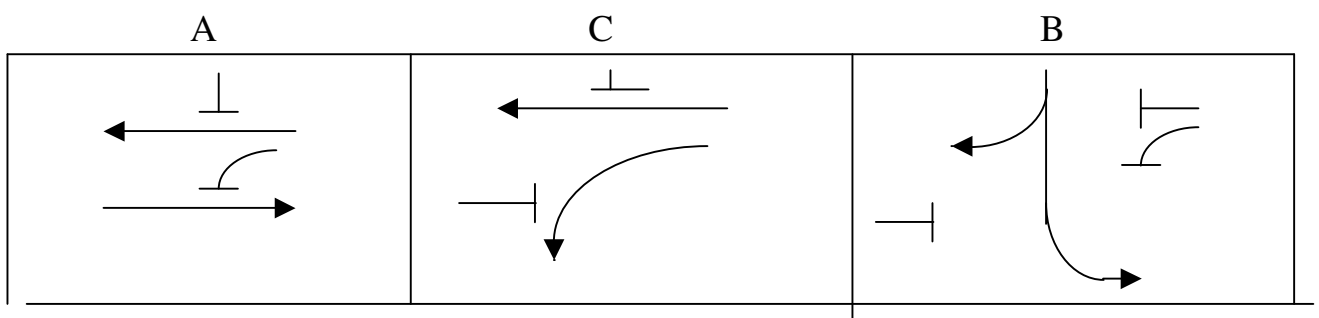
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor risco de acidentes para os veículos do movimento de conversão, pois o movimento conflitante da avenida não ocorre no estágio anterior, evitando possíveis colisões do movimento da conversão com o movimento da avenida em eventuais desrespeitos ao semáforo.</li> <li>- O fechamento das movimentos da avenida se dá simultaneamente, facilitando a compreensão dos pedestres, aumentando sua segurança.</li> <li>- Aumento da fluidez com melhor desempenho na saída devido à abertura do movimento de conversão junto com o movimento em frente. (Nos casos onde não existe baia de conversão).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quando não existe baia de conversão, a transição do estágio C para o estágio A pode causar acidentes. Nessa transição, interrompe-se o movimento de conversão que estava aberto e mantém-se aberto o movimento em frente. Essa situação pode gerar abalroamento dos veículos que continuam em frente nos veículos que pararam para a conversão à esquerda.</li> </ul>



## Seqüência ACB:

Vantagens	Desvantagens
<p>- Evita colisões traseiras quando não há baia de conversão.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risco de acidentes veiculares no conflito do movimento de conversão com o movimento da avenida. (transição de A para C).</li> <li>- O fechamento das movimentos da avenida as dá em estágios diferentes, podendo confundir o pedestre, criando nele a ilusão de que os dois movimentos pararam, podendo fazer com que o pedestre atravesse em conflito com o movimento veicular em curso.</li> <li>- Dependendo da temporização essa seqüência também pode deixar o pedestre vulnerável no meio da via, quando não há canteiro central nem refúgio.</li> </ul>

Nota: A existência de baia de conversão bem dimensionada, separa os movimentos em frente e a esquerda, contribuindo para melhor segurança e fluidez.



### 2.3.2 – Programação de tempos.

A programação de tempos

semafóricos consiste na obtenção dos valores dos tempos de ciclo, verde e defasagem (no caso de

sistemas coordenados), para elaboração dos planos de tráfego necessários para a operação dos cruzamentos.

- Tempo de ciclo e de verde: CET (1990 c) apresenta as definições:

Grau de saturação (X): Exprime o quanto está saturada uma cruzamento semaforizado.

$$X = \frac{\text{Tempo de verde necessário}}{\text{Tempo de verde disponível}} = \frac{T_c \cdot Y}{T_c - T_m}$$

O tempo de verde necessário é função dos fluxos de tráfego que chegam no cruzamento (F) em relação ao fluxo de saturação (FS). Quanto maior a taxa F/FS, maior terá que ser o tempo de verde necessário em relação a um determinado tempo de ciclo (Tc).

$$F/FS = Y \text{ (taxa de ocupação)}$$

O tempo de verde disponível é o tempo de ciclo menos o tempo morto (Tm) ou tempo perdido para escoamento de veículos.

$$T_m = T_a + T_{vs} + T_{pi} - T_{af}$$

Onde:  $T_a$  = Tempo de amarelo

$T_{vs}$  = Tempo de vermelho de segurança

$T_{pi}$  = Tempo perdido pelos veículos no início do verde

$T_{af}$  = Tempo aproveitado após o termino do verde.

Então pode-se dizer que se o tempo de verde necessário for menor que o tempo de verde disponível, o semáforo terá tempo suficiente para escoar toda a demanda de tráfego, e terá grau de saturação  $X < 1$ . Nesse caso como o tempo disponível é maior que o necessário, haverá um tempo de sobra (Ts) ou reserva de capacidade. Quando o grau de saturação for maior ou igual a 1 ( $X \geq 1$ ), significa que o tempo de verde disponível é menor que o tempo de verde necessário, havendo insuficiência de tempo de verde, ocasionando a passagem somente parcial do total do fluxo que deseja, passar causando congestionamentos.

Subtraindo o tempo de verde necessário do tempo de verde disponível, temos o tempo de sobra.

Tempo de verde disponível – tempo de verde necessário = tempo de sobra

$$(T_c - T_m) - (T_c \cdot Y) = T_s$$

Da equação teremos:

$$T_c - T_c \cdot Y = T_s + T_m$$

$$T_c (1 - Y) = T_s + T_m$$

$$T_c = \frac{T_s + T_m}{1 - Y}$$

- *Tempo de ciclo segundo Webster:* Webster desenvolveu uma equação para representar o tempo de sobra para substituição à expressão anteriormente apresentada, de tal maneira que os graus de saturação ficassem próximos de 0,9, o que na prática considera uma boa folga nos tempos de verde para compensar as variações decorrentes da aleatoriedade dos fluxos de tráfego, causando o menor atraso geral possível na intersecção. Esse método é o mais amplamente utilizado na prática na elaboração dos planos de tráfego.

$$T_s = 0,5 \cdot T_m + 5 \text{ segundos}$$

Substituindo-se na equação do ciclo:

$$T_c = \frac{(0,5 \cdot T_m + 5) + T_m}{1 - Y} \quad \text{ou} \quad T_{cot} = \frac{(1,5 \cdot T_m) + 5}{1 - Y} \quad (\text{Tempo de ciclo de Webster})$$

$T_{cot}$  = Tempo de ciclo ótimo

Existem outros autores que apresentam equações para tempo de sobra como Muller, que vale a pena ser verificado.

- *Tempo de verde*: A formulação para tempo de verde é derivada da equação do ciclo ótimo, que atribui para cada aproximação a sua parcela do total do tempo do verde do ciclo em função da sua taxa de ocupação.

$$Tv1 = (Tcot - Tm) \cdot \frac{Y1}{Y}$$

Onde:

Tv1 = Tempo de verde relativo à aproximação 1

Y1 = Taxa de ocupação da aproximação 1 = F1/FS1

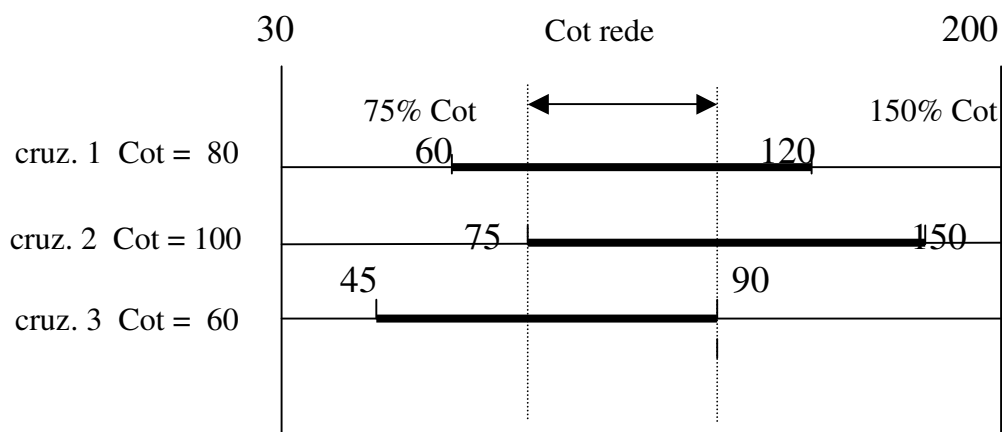
Y = Somatória das taxas de ocupação do cruzamento = Y1 + Y2 +...+ Yn

- *Tempo de ciclo para sistemas coordenados (redes)*: Nas redes semafóricas o tempo de ciclo deve necessariamente ser igual em todos os cruzamentos para se manter o sincronismo e as defasagens entre os semáforos, podendo ser múltiplo desse valor em alguns casos especiais.

Após calculado um tempo de ciclo ótimo de cada cruzamento da rede, deve-se escolher apenas um tempo de ciclo, comum entre todos os cruzamentos, o qual esteja compreendido entre 75 % e 150 % dos ciclos ótimos.

**FIGURA 2.7: Diagrama esquemático de escolha de ciclo para redes.**

Exemplo para 3 cruzamentos:



O ciclo ótimo da rede pode ser escolhido entre o intervalo de 75 a 90 Seg., que é comum à todos os cruzamentos. Essa variação de 75 % a 150 % de desvio do ciclo ótimo representa uma pequena variação de aproximadamente 10 % nos atrasos e paradas.

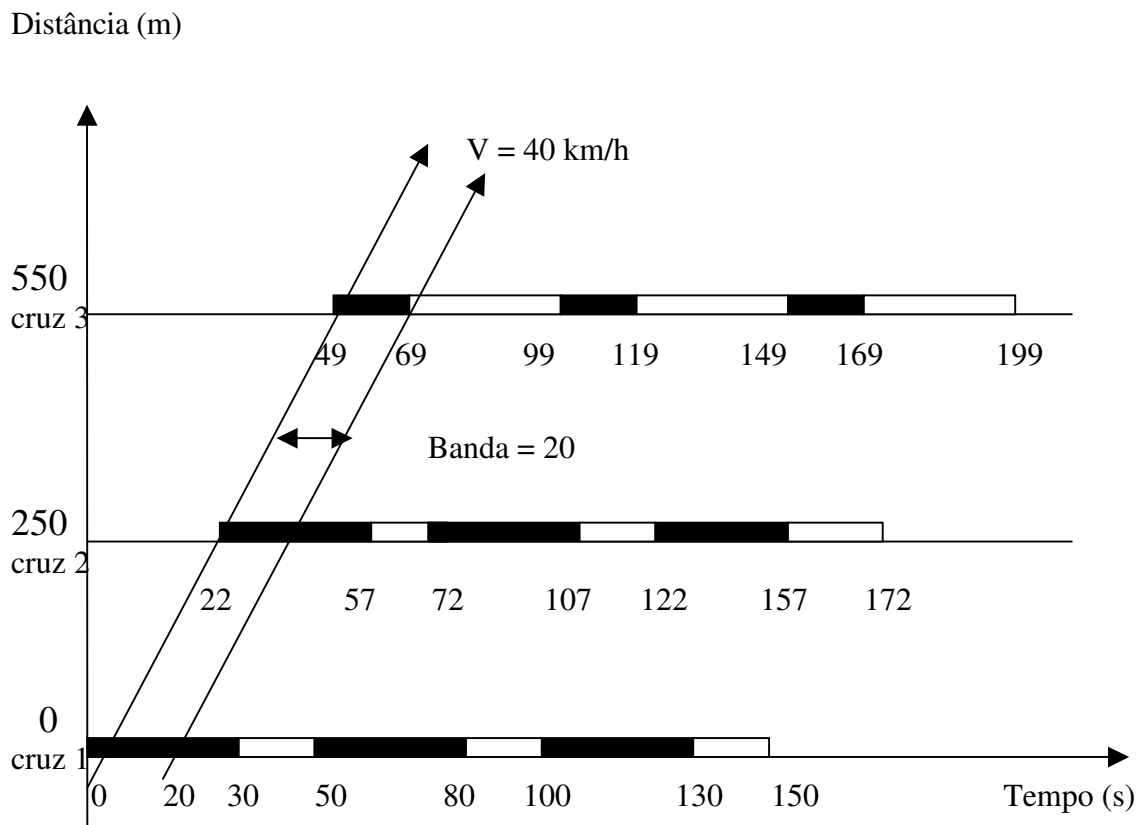
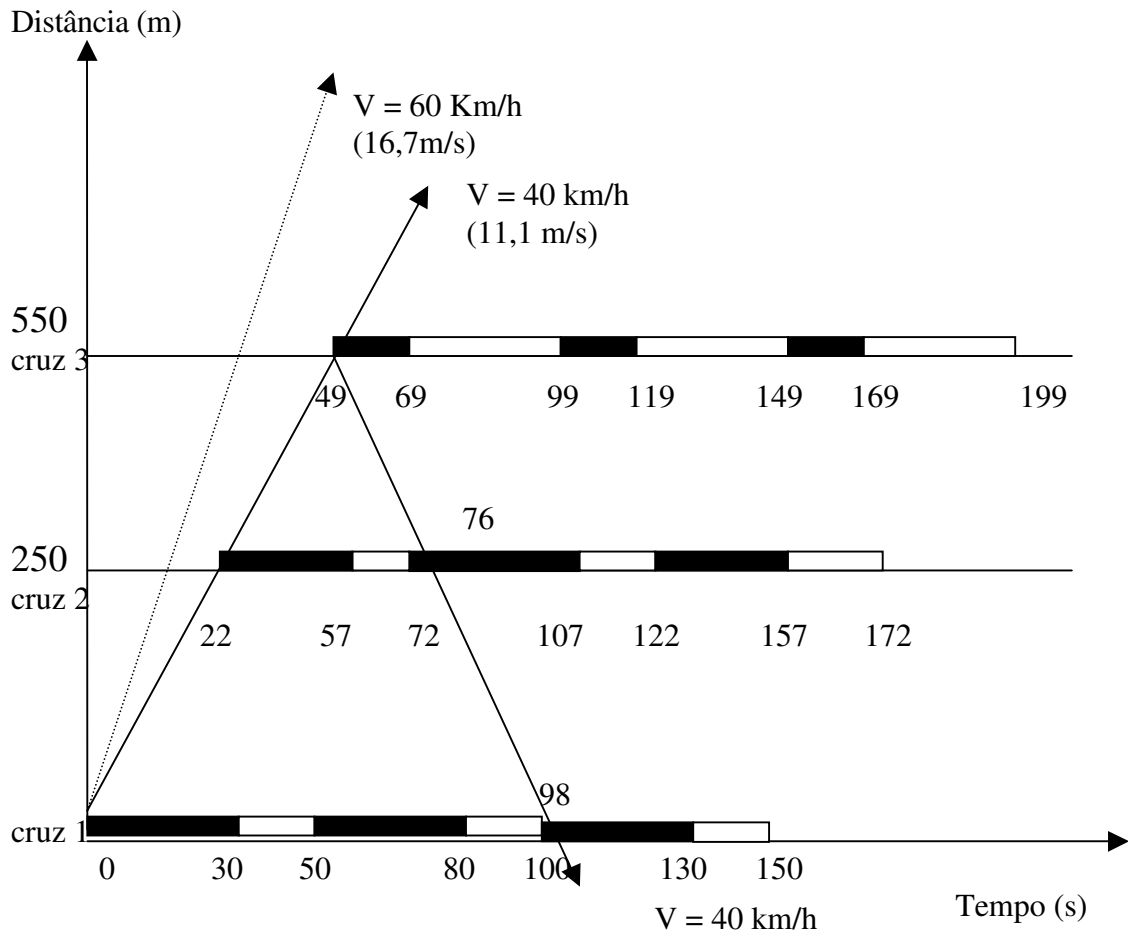
- *Defasagens*: São intervalos de tempo entre os instantes de início e final de verde de dois ou mais semáforos próximos, sendo condição fundamental para minimizar atrasos e paradas em corredores de tráfego e malhas. Teoricamente visa que os veículos que partem do início do tempo de verde de um semáforo, após um determinado tempo de percurso até o próximo semáforo, consiga passar por este também no seu instante inicial de verde, havendo aproveitamento máximo dos tempos de verde de todo o sistema, objetivando minimizar ao máximo os inevitáveis atrasos e paradas que os semáforos ocasionam.
- Denatran apresenta os procedimentos para estabelecimento das defasagens em sistemas coordenados de semáforos.


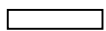
Após a determinação do tempo de ciclo ótimo que será utilizado para a rede, estabelece-se a velocidade de progressão que se deseja para as vias de interesse. Desse modo à partir de um diagrama espaço-tempo, obtêm-se os valores das defasagens.

#### Diagrama de bandas

A construção do diagrama espaço-tempo ou diagrama de bandas tem como objetivo básico determinar a melhor defasagem para todo o sistema semaforico. Representa-se graficamente os tempos semaforicos de cada cruzamento e suas respectivas distâncias entre si, à uma velocidade de progressão constante desejável representada por uma reta.

**FIGURA 2.8: Diagrama de bandas**



	Tempo de verde
	Tempo de amarelo + vermelho

Nos exemplos acima existem três cruzamentos semaforizados em rede, com ciclo adotado de 50 Seg.

As distâncias entre eles são de 250 m (de 1 para 2 ) e 300 m (de 2 para 3 ).

Nota-se que para uma velocidade média de 40 Km/h, o primeiro veículo que sai do instante zero do verde do cruzamento 1 chegará no instante de abertura do verde do cruzamento 2 (instante 22 Seg. ), o mesmo acontecendo em relação ao cruzamento 3 (instante 49 Seg. ).

Porém, no final do verde, o veículo que passou pelo cruzamento 1 (instante 30 Seg. ), passará pelo cruzamento 2 (instante 52 Seg.) e não consegue passar pelo cruzamento 3, pois no instante de sua chegada, o semáforo já estará no vermelho.

Para quem parte do cruzamento 3 para o 1 (sentido contrário, instante 49 Seg.) passa pelo cruzamento 2 (instante 76 Seg.) e terá de aguardar ainda 2 Seg. para a abertura do verde do cruzamento 1 (instante 98 Seg.)

No caso do aumento da velocidade para 60 km/h, independentemente do sentido, os veículos iniciais não conseguem passar pelos próximos cruzamentos chegando em instantes onde está ocorrendo o tempo de vermelho.

- *Temporização para travessia de pedestres:*

A temporização semaforica para travessia de pedestres é determinada em função da velocidade média de locomoção dos pedestres, cerca de 1,2 m/s, e da largura da via à ser atravessada. É necessário dimensionar-se os tempos de verde para o pedestre bem como o tempo de

vermelho-piscante, que indica estar terminando o estágio para os pedestres.

$$T_{vp} = \frac{L}{V} \qquad T_{vmpisc} = \frac{T_{vp}}{2} \quad (\text{entre 4 a 6 segundos})$$

$$V_{tot} = T_{vp} + T_{vmpisc}$$

Onde:

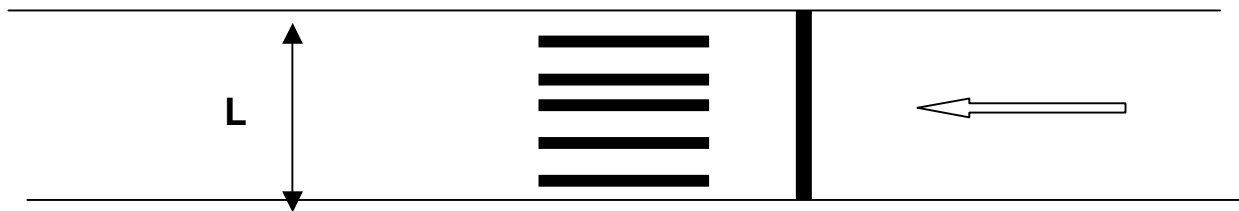
$T_{vp}$  = Tempo de verde para pedestres.

$L$  = Largura da via a ser atravessada.

$V$  = Velocidade média dos pedestres – De 1,0 a 1,4 m/s

$T_{vmpisc}$  = Tempo de vermelho piscante.

FIGURA 2.9: Travessia de pedestres.



- Entreverdes: Ou transição de estágios, é o tempo decorrido entre o final do tempo de verde de um estágio até o início do tempo de verde do estágio anterior. Vilanova (1985) faz a definição dos entreverdes.
  - *Tempo de amarelo*: Os valores recomendados para tempos de amarelo que são função basicamente da velocidade de aproximação dos veículos nos cruzamentos. No dimensionamento são considerados a distância em que o veículo se encontra da retenção no momento que recebe o amarelo, da velocidade do veículo, da desaceleração máxima aceita pelo conjunto veículo/motorista e o tempo de reação e percepção do condutor, propiciando que o condutor consiga parar na retenção com segurança, ou proporcionar a passagem do

veículo antes do início do tempo de vermelho, quando já não há mais condições de parar. É sugerida a seguinte tabela:

**TABELA 2.6: Tempos de amarelo recomendados.**

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	TEMPO DE AMARELO (s)
Até 40	3
41 à 60	4
61 a 80	5

Em casos especiais de vias de alta velocidade, alta concentração de veículos pesados, declive acentuado, etc. deverão ser estudados tempos específicos de amarelo para cada caso.

- *Tempo de vermelho de segurança (Tvs)*: Tempo necessário para que os veículos que estavam na pior situação ao receber o tempo de amarelo e optaram por seguir marcha ao invés de desacelerar possam conseguir passar pela área de conflito do cruzamento antes do início do verde da transversal a ele.

É função da distância a ser vencida no cruzamento (  $L$  ), do comprimento médio do veículo (  $C$  ) e da velocidade média de aproximação (  $V$  ).

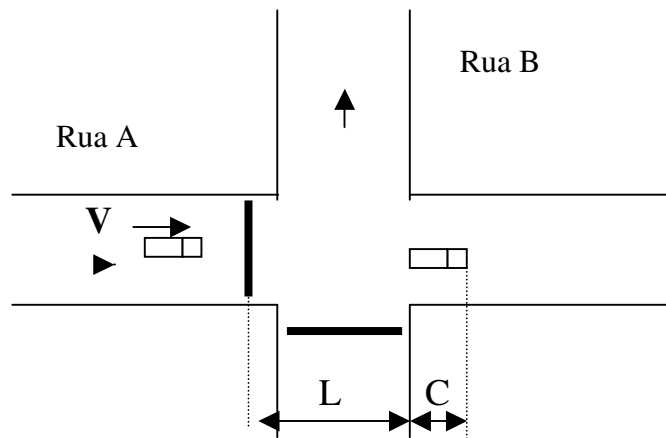
Para a análise e dimensionamento do Tvs devemos considerar duas situações :

- a) O próximo movimento é veicular (rua B )

Nesse caso, deve-se considerar um valor pesquisado que corresponde ao tempo de reação do motorista que vem pela transversal ainda em movimento (  $T_f$  ).

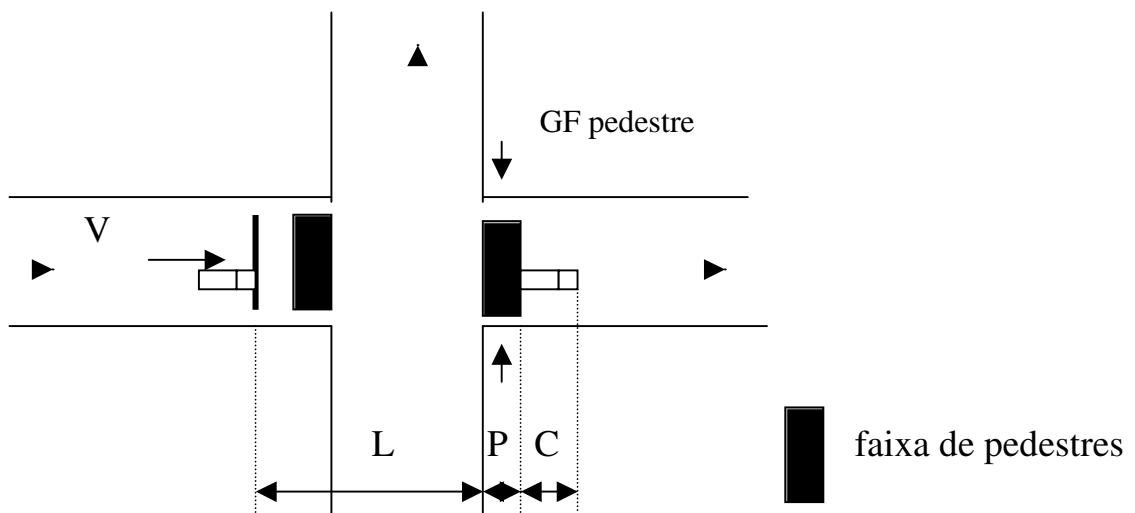
O valor de  $T_f$  pesquisado é de 1,2 segundos.

**FIGURA 2.10: Representação para obtenção do valor do tempo de vermelho de segurança**



$$T_{vs} = \frac{(L + C)}{V} - T_f$$

b) o próximo movimento é veicular (rua B ) e existe movimento de pedestres sinalizado com grupos focais para travessia da rua A após o cruzamento



$$T_{vs} = \frac{(L + P + C)}{V}$$

P = distância do meio fio da via transversal até o término da faixa de pedestre.

Nota: não se usa  $T_f$  neste caso pois os veículos da transversal só entrarão em movimento após o estágio de pedestre.

### **III – REVISÃO SEMAFÓRICA**

As constantes alterações no tráfego das cidades, dependendo do seu porte, a criação de novos caminhos, as mudanças no hábito da população e o estabelecimento de novos pólos geradores de tráfego, levam a necessidade de se elaborar revisões na temporização e dos modos de funcionamento dos semáforos, adequando-as as variações da demanda de tráfego. A atividade de revisão de semáforos deve ser constante e programada, devendo haver equipes específicas para esse fim, e com o envolvimento de todo o corpo de engenharia operacional. Existem basicamente três modalidades de revisão semafórica. A programada que visa exatamente a atualização da programação, a emergencial que consiste em ajustes necessários, a partir da detecção de problemas de programação semafórica pelo corpo operacional, por munícipes ou por observações de campo em geral, e a revisão de projetos implantados, na qual se faz a validação da programação proposta no projeto, efetuando os ajustes “finos” dos tempos e da configuração. Como as três modalidades de revisão semafórica são conflitantes, pois não há como prever a ocorrência da emergencial e a implantação dos projetos dependem de verbas e de listagens de priorização muitas vezes com critérios políticos e imprevisíveis, o coordenador da atividade deve prever folgas no tempo disponível para a revisão programada para poder absorver as demais ocorrências. CET (1985) detalha os procedimentos.

#### **3.1 – REVISÕES PROGRAMADAS – ATUALIZAÇÃO**

Para planejar a execução das revisões programadas, é fundamental ter um cadastramento dos semáforos existentes na área de atuação. Esse cadastro basicamente é composto do “mapa de semáforos” e dos formulários (fichas) contendo as programações semafóricas existentes e os dados históricos de cada semáforo. São mapeados os cruzamentos semaforizados através de símbolos, que também devem mostrar as configurações dos sistemas existentes, com legendas para controle isolado e coordenado, com as respectivas interligações das redes existentes e tipos de

controladores. De posse desses dados e do conhecimento do montante a ser revisado, pode-se dimensionar a equipe necessária para execução do trabalho e os tempos necessários. Pode-se subdividir o mapa da área em módulos, que são sub-regiões da área contendo um grupo de semáforos, que serão entregues à cada técnico responsável com os respectivos prazos para execução. Finalmente elabora-se o cronograma geral de revisão semafórica para acompanhamento das trabalhos.

Procedimentos de revisão:

- Efetuar a revisão de cada semáforo do módulo, fazendo no mínimo duas observações de campo nos períodos da manhã e tarde (horários de pico de tráfego).
- Levantamento da programação existente, comparando-a com as fichas de programação do arquivo.
- Realizar pesquisas e levantamentos de campo: Contagem de veículos e de pedestres, medição de comprimento de filas e de verde ocioso (parcela do verde que sobra após a passagem dos veículos).
- Proceder os ajustes da programação in-loco adequando-a à demanda de tráfego. Caso o ajuste simples de temporização não seja suficiente, reestudar a configuração geral do semáforo (estágios, seqüência, sincronismo, etc.) elaborando um projeto prevendo essas modificações.
- Elaborar os projetos necessários de implantação ou manutenção, de sinalização semafórica, horizontal, vertical, etc. que se fizerem necessários no cruzamento.
- Terminada a revisão o técnico deverá providenciar a atualização da ficha de programação semafórica, arquivando-a e colocando uma cópia dentro do controlador semafórico, que é fundamental tanto para as equipes operacionais como para as de manutenção.

### **3.2 – REVISÕES DE PROJETOS IMPLANTADOS.**

Sempre quando for implantado um projeto de sinalização semafórica, prevendo modificações nas configurações existentes, seja de locação do equipamento, temporização ou

alterações na seqüência luminosa, deve-se acompanhar essa implantação e imediatamente efetuar a revisão semafórica, adequando as modificações à demanda de tráfego do local. O coordenador da atividade de revisão semafórica deve sempre possuir nos seus controles a informação sobre todos os projetos elaborados da área, os quais envolvam os semáforos, mantendo em seu poder cópias desses projetos, aguardando a data da implantação para providenciar o acompanhamento e revisão do projeto. Os projetos são elaborados geralmente pelas seguintes condições:

- Elaboração de projetos para modificação de circulação ou sinalização dos cruzamentos.
- Implantação de semáforos novos.
- Obras no sistema viário.
- Projetos de área, abrangendo modificações em grandes regiões.
- Projetos de manutenção.

### **3.3 – REVISÕES EMERGENCIAIS.**

As revisões emergenciais são aquelas necessárias à partir de problemas semafóricos detectados no cotidiano, originadas de observações de campo efetuadas por equipes operacionais ou por munícipes e usuários em geral. As solicitações tem origem no contato com os técnicos operacionais, por escrito ou via fone pelos munícipes e até pelos companheiros de trabalho. Todas estas solicitações devem ser checadas e na detecção de problemas executadas as revisões emergenciais. Imediatamente após deve-se dar o retorno da providência ao solicitante. As solicitações mais comuns são:

- Problemas de congestionamentos provenientes dos semáforos.
- Esperas desnecessárias.
- Falta de sincronismo.
- Insegurança na travessia de pedestres.
- Insegurança veicular no cruzamento.

### **3.4 – MANUTENÇÃO.**

A manutenção dos equipamento de controle é atividade fundamental para bom desempenho da sinalização semafórica. Existe uma gama de diferentes tipos de controladores e equipamentos semafóricos, que faz necessário equipes com conhecimento técnico específico de cada sistema, e um planejamento de múltiplas atividades, de manutenção corretiva, preditiva e preventiva para manter o bom desempenho dos semáforos. As equipes operacionais também devem colaborar, por estarem no dia a dia em contato com os corredores de tráfego, informando as anomalias, e tendo programas específicos de checagem item a item dos elementos dos semáforos existentes na sua área de atuação. Dentre as atividades principais, destacam-se as seguintes:

- Troca de lâmpadas queimadas.
- Substituição de colunas de sustentação, controladores ou grupos focais abalroados.
- Checagem de botoeiras para pedestres.
- Limpeza e conservação dos controladores.
- Revisão periódica com substituição de componentes.
- Manutenção em laços detectores.
- Manter e reparar rede de transmissão de dados (cablagem subterrânea ou aérea, da central até os controladores).
- Manutenção dos computadores das centrais de tráfego.
- Manutenção das câmeras de circuito fechado de TV.
- Sinalização em geral.

## **IV – O CONTROLE OPERACIONAL DOS SEMÁFOROS – O DIA A DIA.**

Foram abordados as características gerais do semáforo do ponto de vista de sinalização e controle. Das primeiras análises, critérios para implantação, projetos, programação de tempos e revisões. Passado por todos estes passos, tem-se uma “família” de semáforos nas ruas, com

características diferentes, funcionando 24 horas por dia. Os semáforos foram programados para atender as demandas usuais, de fluxos que teoricamente na média se repetem à cada dia. Porém nestas 24 horas acontecem freqüentes eventualidades, as quais influem no tráfego alterando suas características, havendo a necessidade de adequar instantaneamente os tempos semaforicos à estas mudanças. A atividade de controle operacional dos semáforos visa basicamente o monitoramento constante das condições de operação dos semáforos, intervindo nos tempos até a normalização total do problema, retornando aos planos de tráfego programados.

#### **4.1 – CENTRAL DE TRÁFEGO DE ÁREA .**

A central de tráfego de área tem como atividades básicas a operação e engenharia de semáforos. Sobre essas atividades buscou-se informações na CET (1985).

- **Operação:** A central de tráfego é um potente recurso no auxílio das atividades das equipes operacionais, que estão percorrendo a área. No setor operacional da central é feito o monitoramento do sistema viário principal, à partir de diversas câmeras de circuito fechado de TV instaladas em pontos estratégicos e monitores de vídeo que trazem as imagens em tempo real, onde são observadas as condições de trânsito. À partir destas informações e contatos constantes com as equipes operacionais de campo via rádio-comunicação, obtêm-se os subsídios para alterações nos tempos semaforicos. Nos semáforos com controle centralizado essas alterações são feitas imediatamente pelos técnicos da central, que checam a programação armazenada nos computadores e as alteram. Nos demais sistemas é feito a alteração manual dos tempos no local.

Outras atividades são a de encaminhamento de solicitações, de revisão semaforica ou de manutenção, a detecção e checagem de falhas no sistema e acionamentos de equipas de manutenção.

- **Engenharia:** A engenharia é responsável pela elaboração dos projetos e programações, acompanhamento da implantação de projetos, revisão semaforica e plantões operacionais.

- Projetos: Implantação e manutenção.
- Tipos de programações semafóricas:
  - Programação local: Programação dos tempos armazenada no controlador semafórico do local.
  - Programação central: Programações criadas e armazenadas nos computadores da central de tráfego. Existe a programação central à tempos fixos e a programação central à tempo real.
- Acompanhamento da implantação de projetos: Os projetos na fase de implantação devem ser acompanhados pelas equipes de engenharia para operacionalizá-lo, buscando a assimilação dos usuários à sinalização e também os tempos semafóricos.
- Revisões semafóricas: Conforme abordado no capítulo III.
- Plantões operacionais:
  - Supervisão da central de tráfego de área: Atividade que visa o comando e coordenação operacional semafórica nos períodos críticos de trânsito, geralmente das 06:00 às 20:30.
  - Operação ronda: Plantão efetuado em campo com veículo provido de rádio-comunicação, estando a disposição da central de tráfego e das equipes operacionais em geral para atendimentos relativos à programação dos semáforos, executando ou encaminhando revisões semafóricas emergenciais.

## CONCLUSÃO

O assunto “O controle eficaz dos semáforos para melhoria do tráfego urbano” tem como objetivo discutir o semáforo no contexto de uma cidade, baseado em trabalhos de autores consagrados, conjugados com a experiência do aluno-autor nessa atividade. Pretendeu-se analisar desde a circulação viária até a instalação de semáforos e métodos de gestão desse dispositivo.

No que se refere à análise dos cruzamentos, iniciou-se com a análise da circulação viária para depois atingir o assunto do controle das intersecções e finalmente apresentar os critérios de implantação de semáforos. Descreveu-se que o crescimento da cidade gera aumento dos fluxos de tráfego das vias em geral. A intensidade do fluxo de cada via determina o seu tipo de uso do solo. Na medida em que cresce o fluxo de veículos e pedestres em uma via, o uso dos imóveis tende a modificar, de residências para estabelecimentos comerciais e de serviços. Por outro lado quando cerceia-se a passagem do tráfego em uma via, será incentivado o estabelecimento de residências. As vias que atraem maior volume de tráfego são as que proporcionam maior extensão de viagem, que oferecem continuidade, ao mesmo tempo que as vias descontínuas repelem o tráfego de passagem. As vias podem ter três tipos de sentido de circulação: O sentido duplo, o sentido único e o sentido reversível, sendo classificadas pelo tipo de fluxo, as vias de fluxo ininterrupto que possuem os cruzamentos em desnível e as vias de fluxo interrompido e as vias de fluxo interrompido, as que mais interessam para este trabalho por serem as que tem os cruzamentos em nível, os quais requerem algum tipo de controle. Após são colocados os tipos de controle das intersecções das vias públicas, entre eles o semáforo. Finalmente apresenta-se os critérios para instalação de semáforos.

Após a decisão de implantação de semáforo, apresenta-se as considerações para elaboração dos projetos e programações de tempos, mostrando a importância da avaliação preliminar que consiste no conhecimento do local, contato com a comunidade e usuários, e os passos para

elaboração dos projetos, as pesquisas de fluxo e índice de acidentes necessárias, a determinação dos parâmetros básico de operação, a locação física do equipamento, os sistemas de controle de tráfego e os controladores semafóricos existentes. Sobre a programação dos semáforos mostra-se as considerações sobre as diferentes seqüências de estágios, a programação dos tempos com as definições e expressões matemáticas de dimensionamento de tempos de ciclo e de verde e métodos para obtenção da defasagem entre os cruzamentos, temporização para travessia de pedestres e tempos de entreverdes.

Visando mostrar as formas de gerenciamento dos semáforos existentes, faz-se a definição da revisão semafórica, atividade que tem como objetivo adequar a sinalização e a temporização às constantes alterações do tráfego das cidades. Os tipos de revisão semafórica como a revisão programada, com planejamento para atualização do funcionamento dos semáforos, com cronogramas, dimensionamento de pessoal e bancos de dados, as revisões de acompanhamento de projetos implantados, que visam validar o que foi proposto à realidade efetuando-se os “ajustes finos” e as revisões de emergência.

Por fim descreve-se o controle operacional dos semáforos no dia a dia, coma as atividades da central de tráfego de área, com monitoramento constante do sistema viário através de câmeras de circuito fechado de TV ou por rondas em campo e informações das equipes operacionais, trazendo informações imediatas para alterações que se fizerem necessárias dos tempos semafóricos, detecção de falhas dos sistemas e acionamentos de equipes de manutenção. Apresenta-se também o setor de engenharia que providencia a elaboração dos projetos, as programações semafóricas, acompanhamentos da implantação de projetos, revisões semafóricas e plantões operacionais na central e em campo.

Os semáforos são dispositivos de controle de tráfego que estão distribuídos nas áreas das cidades em geral, com maior concentração nas médias e grandes cidades. São um tipo peculiar de sinalização a qual não é fixa como uma placa ou uma marca viária. O semáforo varia suas mensagens para cada via, ora dando o direito de passagem, ora indicando a transição desse direito

para outra via e ora proibindo totalmente a passagem. Ele é dinâmico, alternando indicações luminosas e variando seus tempos à cada período, procurando se relacionar com o tráfego, interagindo, com o objetivo de fornecer o melhor atendimento à demanda que se aproxima, com a maior segurança, menor espera e maior desempenho, “administrando” os conflitos. Porém para que os semáforos cumpram seu papel, os “pais das crianças” ou gestores de trânsito devem “cuidar” dos seus semáforos, fornecendo à eles condições de bom funcionamento. Uma boa instalação, com visibilidade adequada aos usuários, uma boa programação para que eles possam oferecer o máximo de capacidade possível à passagem do fluxo, bons parâmetros de segurança nas transições de aberturas e fechamentos, proporcionar uma segura travessia de pedestres, e monitoramento constante de sua operação. Não gerir bem seus semáforos implica em congestionamentos desnecessários, gastos excessivos de tempo e combustível e principalmente os acidentes, os quais muitos deles poderiam ter sido evitados.

Esse trabalho pretende chamar a atenção para isso, para que o semáforo não seja considerado apenas como mais um tipo de sinalização, mas como um poderoso administrador de conflitos que deve estar plenamente preparado para enfrentar este desafio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CET (1985). Atividades básicas de operação de trânsito. Boletim técnico 29. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo. 92 p.
- CET (1990 a). Controladores semaforicos. Curso “Semáforos I”. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo. 41 p.
- CET (1990 b). Sinalização semaforica. Curso “Semáforos I”. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo. 31 p.
- CET (1990 c). Temporização de semáforos. Curso “Semáforos I”. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo. 59 p.
- CET (2000). Manual de sinalização semaforica. Critérios de programação. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo. 125p.
- DENATRAN (1979). Manual de semáforos. Ministério da justiça, Departamento Nacional de Trânsito. Brasília, 170 p.
- EJZEMBERG, S. (1996 a). Análise da circulação e fluxos de tráfego. Material para treinamento. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo. 24 p.
- EJZEMBERG, S. (1996 b). Segurança em semáforos. Material para treinamento. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo. 62 p.

EJZEMBERG, S. (1996 c). Semáforos. Sistemas de controle, coordenação e defasagem, segurança na temporização. Curso de atualização técnica. Instituto Nacional de Segurança de Trânsito, São Paulo. 87 p.

SZASZ, P. (1992). Soluções alternativas ao semáforo: Aspectos teóricos. Nota técnica 152. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo. 15 p.

VILANOVA, L. M. (1985). Dimensionamento do tempo de amarelo. Nota técnica 108. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo. 16 p.

Monografia apresentada por

---

MARCELO ESPEL

E aprovada por:

---

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS  
UNISANTOS

São Paulo, 30 de Março de 2000.