

O Tráfego e sua Repercussão no Urbanismo

GERALDO DE MENEZES CÔRTEZ

(Continuação das NOÇÕES FUNDAMENTAIS sobre a DIREÇÃO E O CONTRÔLE DO TRÁFEGO)

b) *Tráfego que circula na mesma direção, num só sentido ou em sentidos opostos*

QUANDO as diferentes unidades de tráfego circulam numa mesma direção, num só sentido ou em sentidos opostos, também pode haver conflitos entre elas, que se traduzem em interrupções ou perturbações no rendimento de vazão do fluxo de tráfego da ou das filas consideradas. Podemos resumir os casos de conflitos como se segue :

- o veículo que pára ou reduz a velocidade pode interromper ou perturbar o fluxo da fila em que se encontra;
- o veículo que muda de fila pode perturbar o fluxo do tráfego da fila em que entra.

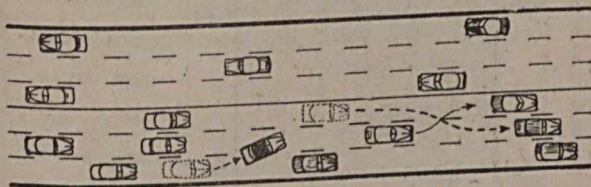


Fig. 56 — As mudanças de fila perturbam o escoamento do tráfego

Como já dissemos e é intuitivo, todo possível conflito é uma oportunidade de acidente. Há, pois, necessidade de evitarmos ao máximo os maléficos efeitos daqueles possíveis conflitos. Para isto, tornam-se necessárias as seguintes regras e convenções :

— Todo veículo deve manter-se o maior tempo possível numa mesma fila. (VII)

— Havendo necessidade de mudar de fila, um veículo deve respeitar a preferência dos que já se encontram na fila que vai entrar. (VIII)

— Ressalvados os casos de enguiços mecânicos imprevistos, os veículos, nas vias de mão única, só podem parar nas filas extremas, isto é, junto aos meios-fios da direita e da esquerda. Nas vias de mão dupla, os veículos só podem parar na fila da direita, salvo nos casos de espera para dobrar à esquerda e quando isto não fôr proibido.

As proibições de parada decorrentes desta regra não afetam, evidentemente, as paradas determinadas pela direção e contrôlo do tráfego. (IX)

— Complementarmente à regra (IX) os passageiros e motoristas só podem saltar pelo lado do meio-fio ao qual o veículo tiver sido encostado. (X)

— Para as filas onde as paradas são proibidas, deve haver além da limitação de velocidade máxima, uma de velocidade mínima, acima da qual devem ser mantidos os diferentes veículos em deslocamento (para evitar que outros tenham necessidade de ultrapassá-los). (XI)

— As filas e as faixas de tráfego devem ser materialmente delimitadas como esclarecem as convenções da figura 57. (XII)

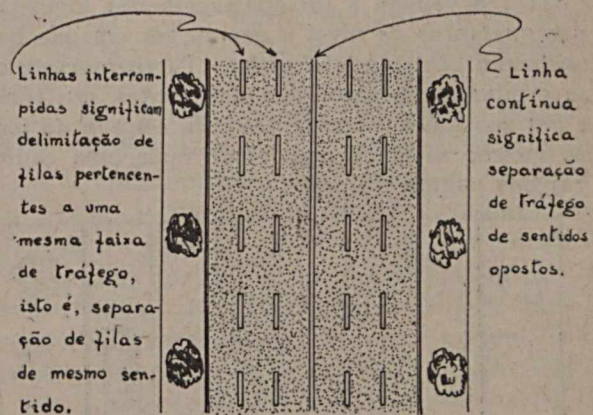


Fig. 57

Nem sempre a delimitação de filas e de faixas pode ser permanente e então deve-se lançar mão de marcos removíveis. Para variar, por exemplo, o número de filas à disposição de um e de outro sentido, em determinadas horas de tráfego mais intenso, é preciso utilizar recursos materiais especiais. Meios-fios ou separadores, passíveis de serem levantados mecânicamente como se pode observar na "Outer Drive" de Chicago (Fig. 10 — na página 17 da "R.S.P." de out.), constituem excelentes recursos, mas os cavaletes ou "pausinhos", apresentados na Fig. 58, são de grande utilidade, pela flexibilidade de aplicação e pelo baixo custo em que ficam, embora tenham a desvantagem de exigir mão-de-obra para sua movimentação, transporte rápido e local de guarda. Com a mesma

finalidade, outros recursos materiais podem ser adotados. A própria Figura 58 dá idéia de outro marco especial de cimento e ferro. Os responsáveis pela Engenharia do Tráfego devem, contudo, procurar a padronização dos marcos, em vez de utilizar uma multiplicidade de tipos.

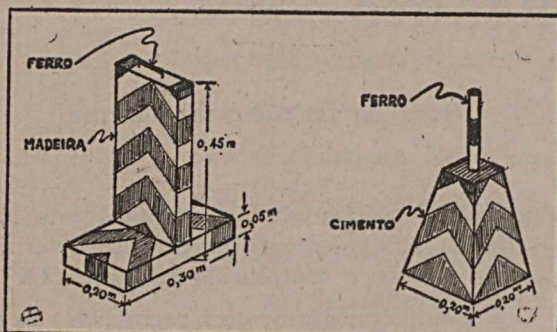


Fig. 58

— Uma ultrapassagem só é permitida pela esquerda, e é proibida sempre que não haja suficiente visibilidade ou campo de visão que garanta sua realização sem infringir a regra (VIII). (XIII)

Entende-se por ultrapassagem o ato de um veículo de determinada fila passar à frente de outro da mesma fila para a ela retornar. Assim, na Figura 59 o veículo A ultrapassou o veículo B, mas C não ultrapassou D, porque ambos estão em filas diferentes. Em consequência da regra (XIII) é vedada a ultrapassagem nas lombadas, nas mudanças de nível e nas curvas em que haja obstáculo obstruindo a visão. Também costuma-se proibir a ultrapassagem nas pontes, nos túneis e em quaisquer cruzamentos com estrada de ferro no mesmo nível, já aqui como mais uma cautela em tais pontos críticos.

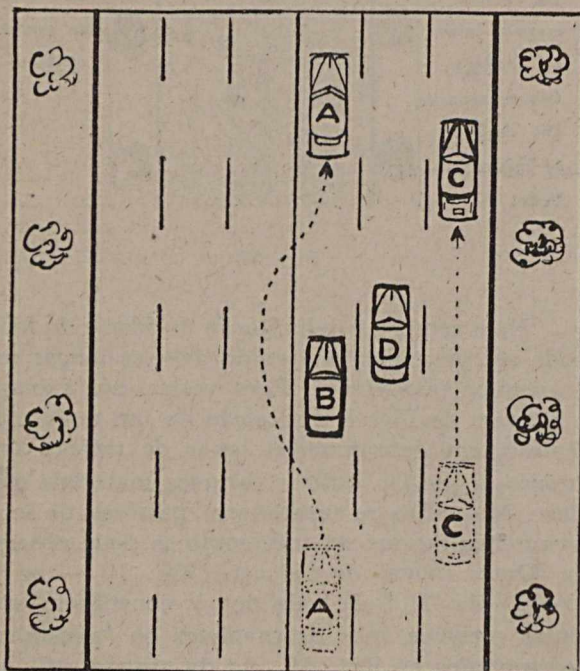


Fig. 59

A fim de garantir a eficiência do fluxo do tráfego e aumentar as condições de segurança da cir-

cução, o engenheiro de tráfego reconhece em inúmeros casos e na órbita de providências do planejamento dinâmico:

— a necessidade de não permitir a parada de veículos em determinados trechos;

— e a necessidade de não permitir a ultrapassagem, ora entre as filas de uma mesma faixa de tráfego, ora pela utilização da faixa de sentido oposto, também conhecida como de “contramão de direção”.

Para a efetivação das providências supra enunciadas devem ser empregadas as seguintes convenções: (Fig. 60)

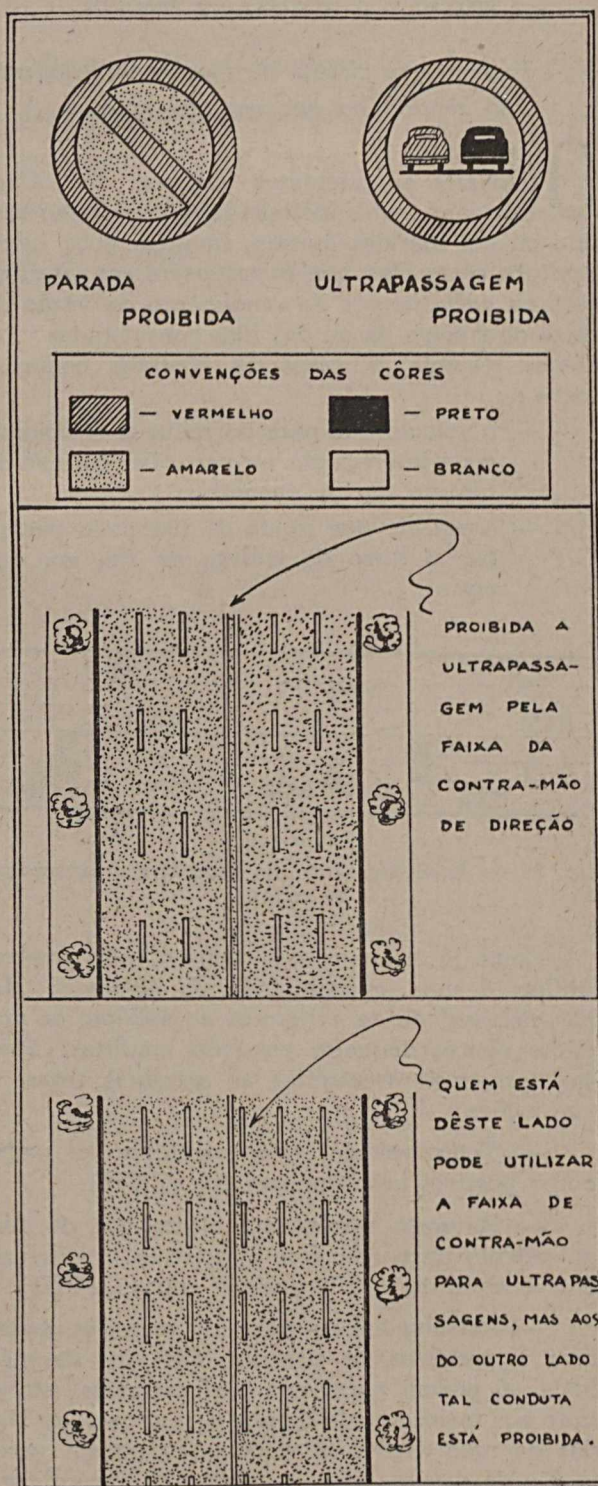
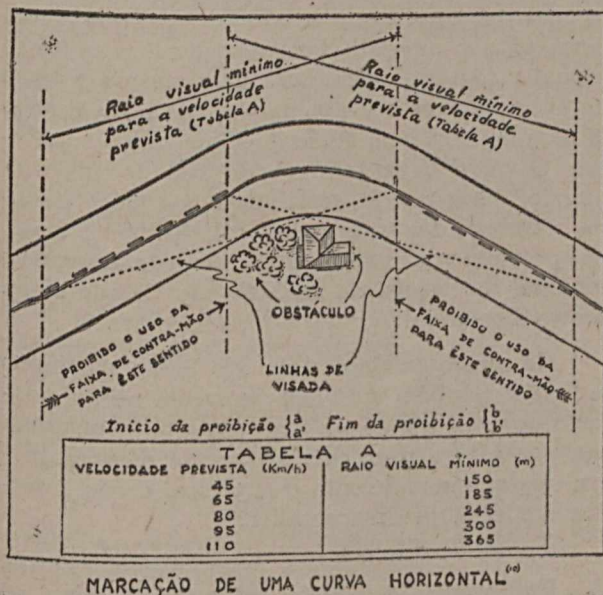


Fig. 60

Tôdas as marcações na própria superfície de rolamento, exemplificadas nas Figuras 57 e 60, têm sua utilidade própria e não convém adotar a simplificação observada na Via Presidente Dutra e no trecho da Estrada entre o Rio de Janeiro e Petrópolis, em que só estão empregadas a linha contínua e a linha interrompida, separando as faixas de tráfego de sentidos opostos, para indicar: com aquela linha, que é proibida a ultrapassagem pelo lado da "contramão de direção" (9a) e com a última, que esta conduta é permitida. É fácil compreender tal afirmação, bastando para isto observar a Fig. 61 e lembrar que em relação a uma curva há um ponto para quem dela se aproxima, a partir do qual (dentro da velocidade permitida) será perigosa a utilização da contramão de direção e, ao contrário, para quem dela se afasta, por já haver descortinado um bom trecho reto de estrada à frente, o ponto limite de perigo não é o mesmo e é muito mais próximo da curva que o outro.



Como vimos, a direção e o controle do tráfego, cujas providências de base dependem de uma competente engenharia de tráfego e cuja obser-

(9a) "Contramão de direção" é um termo que não encontra correspondência literal em trabalhos técnicos de tráfego, escritos em outras línguas, como sejam a inglesa, a francesa ou a espanhola. A palavra "mão" vem sendo empregada em regulamentos de tráfego do Distrito Federal, desde muito tempo, com o mesmo significado que documentos oficiais ou técnicos escritos em outras línguas, empregam o termo "direção de tráfego" ou "sentido de circulação".

Segundo a terminologia oficial "mão de direção" é, numa via de tráfego em dois sentidos, a faixa da direita e conseqüentemente, "contramão de direção" designa a faixa normalmente à disposição dos veículos que se deslocam em sentido contrário.

(10) Numa curva vertical, o raio visual mínimo, tangenciando o obstáculo causado pela lombada, é obtido de um ponto de vista a 1,35 m acima da superfície de rolamento, até ver objeto pelo menos a igual altura acima da superfície da pista.

vância depende de eficiente ação policial, necessita por um lado de regras simples e gerais, que rejam o maior número de situações e casos, sem a necessidade de recursos a explicações específicas e, por outro lado, de uma sinalização toda ela em base convencional, para com clareza, precisão e rapidez transmitir aos utilizadores das vias públicas, tôdas as indicações indispensáveis. Regras e sinalização convencional precisam constar de lei, para que a justiça complemente a ação da engenharia e da polícia, completando o ciclo do processo educativo, que nunca deve ser perdido de vista.

Sob a designação genérica "sinalização de tráfego" entendemos as placas de tráfego ("traffic signs"), os marcos e as marcações de tráfego ("traffic markings and markers") e os sinais de tráfego ou sinalização luminosa de tráfego ("traffic signals").

A sinalização de tráfego precisa ser permanentemente visível, de dia ou de noite. Quanto aos sinais de tráfego, de que trataremos em detalhe mais adiante, a visibilidade diurna e noturna está, de um modo geral assegurada por serem luminosos, qualificativo que serve mesmo para distingui-los na terminologia. Entretanto, tanto as placas como os marcos e as marcações de tráfego também precisam ser permanentemente visíveis ou distinguíveis, sem o que é como se não existissem ou pior ainda, porque da ilusão de sua possível eficiência podem decorrer sérios inconvenientes ou grandes males. Nas estradas ou caminhos, os faróis dos veículos serão capazes de possibilitar a iluminação necessária, principalmente quando já se utilizam nas placas, marcos ou marcações de tráfego as tintas ou materiais refletivos. Nas cidades, o problema não é tão simples, porque o farol com o fecho de luz alto é proibido (sem falarmos no fato de erradamente no Rio de Janeiro e por imitação também nas outras cidades brasileiras, só ser permitido dentro do perímetro urbano o uso dos faroletes de estacionamento, os quais nada iluminam). É indispensável tornar visível à noite a sinalização de tráfego das cidades, seja pela iluminação direta própria, seja pela iluminação indireta. De que valerão os tão necessários sinais de parada obrigatória, de via preferencial etc., se não forem distinguíveis à noite?

Convém ainda uma referência ao caso da necessidade de alterar, em determinadas horas, o regime de circulação de uma via, seja dando-lhe diverso sentido de direção, seja estabelecendo-lhe certas restrições. Com vantagem, a validade de tais estabelecimentos ou indicações deve ficar condicionada à iluminação do sinal em causa. A luz a gás neon permite a fácil feitura de letreiros e principalmente de setas indicativas. Uma seta, obrigando a dobrar à direita, por exemplo, ou estabelecendo o regime de mão-única numa determinada via, vigoraria ou não, conforme acesa ou apagada, na ocasião em que o público a observa.

Tais eram os recursos, por exemplo, a que havíamos recorrido no projeto para a sinalização especial destinada a regular o regime de operação do túnel do Pasmado, no Rio de Janeiro, seguindo, aliás, orientação análoga à observada em Washington, D.C., na ponte George Washington em New York.

Para aumentar a segurança e facilitar o entendimento entre os diferentes utilizadores das vias públicas foram convencionados os seguintes sinais a serem executados pelos condutores de veículos: (Fig. 62)

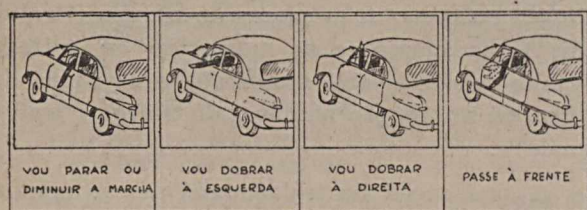


Fig. 62

3) VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SINALIZAÇÃO E DA POLÍCIA

a) Considerações preliminares

Sinalização e polícia não se substituem mutuamente na missão de dirigir e controlar o tráfego. Podemos hoje dizer que se completam. Sinalização sem polícia pouco vale. Não queremos dizer que os policiais precisem estar permanentemente onde haja sinalização, nem mesmo em suas proximidades; aquele conceito significa, tão-somente, que as medidas policiais para compelir ao respeito dos sinais e cuidar dos casos de sua desobediência, jamais podem ser esquecidas.

Mesmo sem levar em conta a necessidade de economizar o número de homens em serviço, podemos afirmar que, nem sempre, os policiais são capazes de apresentar o mesmo rendimento de uma boa sinalização, como veremos mais adiante, quer porque os sinais são mais visíveis que os gestos dos policiais, quer porque os sinais são capazes de repetidas e intrincadas combinações de tempo e de direções que exigiriam coordenação de trabalho de mais de um policial, quer, finalmente, porque em importantes interseções as mudanças de direções precisam se alternar dentro de algumas poucas dezenas de segundos e sucessivamente, rendimento que o trabalho humano não é capaz de apresentar durante longos períodos de tempo.

A sinalização deve competir à Engenharia de Tráfego, mas esta orientação não significa diminuição da capacidade de controle por parte da Polícia, porque o sistema de sinalização, uma vez projetado e instalado, deve ser operado pela Polícia. Todos os sinais devem ser construídos e instalados de modo que possam ser postos fora de funcionamento ou alterado seu regime de traba-

lho, sempre que a Polícia julgar necessário, porque tenha ocorrido uma congestão ou confusão no tráfego, ou porque uma situação especial tenha passado a exigir maior abertura do sinal para uma direção, do que a permitida pelo regime normal de funcionamento do sinal. Assim: — uma congestão de tráfego, em que a sucessiva mudança dos sinais não teria qualquer cabimento ou significado, exige que se apaguem os sinais ou que preferivelmente, sejam eles retidos com a luz amarela acesa em tôdas as direções (11); a necessidade de uma maior vazão, acima da normal, em proveito de uma corrente de tráfego, exige que haja a capacidade de reter o sinal aberto para essa corrente. Exemplificando, a fim de podermos atender à excepcional demanda do tráfego durante os jogos da Copa do Mundo em 1950, mandamos introduzir em todos os sinais ao longo dos itinerários de acesso ao Estádio Municipal do Rio de Janeiro um botão de retenção, capaz de deter o funcionamento do automatismo da máquina, mas que uma vez liberado faz com que a mudança para o amarelo, vermelho etc. se processe normal e não manualmente. Este mesmo sistema permitiu resolver o problema de vazão do tráfego da hora de "rush" na Praia do Flamengo e na Avenida Osvaldo Cruz (Cidade do Rio de Janeiro) retendo, durante dois, três, quatro ou cinco minutos, o tráfego das transversais relativamente fraco, em proveito do intensíssimo daquele itinerário principal de ligação da zona Sul da Cidade e seu Centro Comercial.

No centro da Capital de São Paulo, nas horas de "rush" também a Polícia intervém no automatismo dos sinais, mas em lugar de reter a máquina com a abertura para esta ou aquela direção, prefere operar manualmente o sinaleiro, o que a técnica moderna já desaconselha.

b) Vantagens dos sinais automáticos sobre os sinais manuais dos policiais

Quanto à direção do tráfego, os sinais luminosos automáticos apresentam sobre os manuais dos policiais as seguintes vantagens:

[1] — Os sinais luminosos, especialmente após o cair da noite e nos dias de forte chuva ou cerração, são mais visíveis e mais facilmente entendidos que os gestos de um policial.

[2] — Os sinais de tráfego permitem indicações completamente padronizadas, enquanto que os gestos dos policiais, embora obedecendo a normas regulamentares, são passíveis de apresentarem certas variações entre eles, devido as características pessoais de cada indivíduo.

[3] — Os sinais de tráfego permitem com muito mais facilidade e eficiência do que com emprego de policiais, a intrincada solução dos con-

(11) Aí está uma das vantagens das três cores Vermelha, Amarela e Verde sobre a utilização somente da primeira e da última.

flitos das diversas correntes de tráfego de veículos e de pedestres, a qual, como vimos páginas atrás, exigem decomposição de direções e variada combinação, não só levando em conta os veículos como os pedestres. Esta observação torna-se tanto mais flagrante quanto mais intrincado e intenso fôr o tráfego de veículos e o trânsito de pedestres, como costumam ser nos importantes cruzamentos de mesmo nível, das cidades de hoje.

[4] — Os sinais de tráfego permitem ciclos curtos que, normalmente, são os mais convenientes, como veremos adiante, ao tratar dos tipos e da técnica de sinalização. E justamente por isso são melhores que quaisquer policiais incapazes que são, estes, por condições orgânicas, de regular o tráfego dentro de ciclos curtos, isto é, abrir por exemplo durante 30 segundos o sinal para uma direção, em seguida durante 20 segundos para outra direção e voltar novamente à primeira e assim prosseguir indefinidamente.

[5] — Os sinais de tráfego permitem a coordenação do fluxo de determinada corrente através de sucessivos cruzamentos, o que é difícil, senão impossível, obter por meio de policiais postados em cada um deles.

[6] — Do ponto de vista econômico, os sinais de tráfego têm a vantagem de permitir a economia do trabalho humano do policial, muito mais oneroso que aqueles.

[7] — As indicações dos sinais de tráfego são atendidas com mais rapidez e confiança que as decorrentes dos gestos dos policiais.

c) *Desvantagens dos sinais luminosos acionados manualmente sobre os operados automaticamente*

[1] — Os sinais luminosos acionados manualmente perdem as vantagens [4], [5] e [6] expostas na letra (b) anterior.

[2] — O controle manual fica sujeito ao que parece ser mais acertado e conveniente, ao policial dele encarregado, o que nem sempre corresponde ao interesse geral, porque o policial decide em face do que vê e não pelo conhecimento da situação global do tráfego, cuja sistemática pode ficar comprometida por aquela intervenção isolada e desconexa no quadro de conjunto. Podemos materializar a desvantagem, lembrando que os policiais são levados a esperar às vezes por um veículo desgarrado ou atrasado, o que prejudica os que estão esperando na outra direção, enquanto os sinais automáticos, não podendo raciocinar, ficam eximidos de demonstrar aquela parcialidade.

d) *Desvantagens dos sinais sobre os policiais*

As desvantagens dos sinais sobre os policiais são:

[1] — Apesar de precioso auxiliar da polícia na direção do tráfego, os sinais não podem excluir sua vigilância, por parte da polícia.

[2] — Entre os casos extremos de raros veículos para dobrar à esquerda e poucos pedestres

para atravessar o cruzamento — quando as regras (II) e (V) resolvem o problema — e de muitos veículos para dobrar à esquerda ao lado de grande massa de pedestres para atravessar — quando então a decomposição e a combinação das direções das diferentes correntes para o oferecimento de oportunidades certas e independentes para a travessia de veículos e pedestres é indispensável — os policiais apresentam vantagem sobre o automatismo dos sinais, porque permitem tratar as voltas isoladas à esquerda e guiar as travessias individuais dos pedestres sem desperdício de tempo. Quando o tráfego é fraco, os policiais revelam-se superiores aos sinais automáticos (de ciclo fixo, de que falaremos adiante), na direção do tráfego, porque são capazes de realizar uma verdadeira infiltração entre veículos de direções opostas e de levar em conta a passagem de pedestres, sem serem obrigados a recorrer a repetidas e continuadas paradas, às vezes desnecessárias, em proveito ora de uma, ora de outra corrente de tráfego.

[3] — A falha ou desarranjo dos sinais traz sérias perturbações até que a polícia tenha tido tempo de intervir.

[4] — Os sinais não são por si só capazes de dar preferência de passagem a veículos autorizados de emergência, como viaturas do Corpo de Bombeiros, Ambulâncias e Socorros policiais.

[5] — Os sinais, mais do que os policiais, regulando o tráfego numa série de cruzamentos bem próximos, agravam a congestão do tráfego sempre que ocorre um acidente (um choque de veículos ou um atropelamento), porque os carros que se acumulam num determinado tempo, passam a precisar de tempo muito maior para escoar e esta compensação, normalmente, os sinais automáticos não podem fazer.

e) *Influência da sinalização e da polícia dirigindo e controlando o tráfego nos cruzamentos, do ponto de vista dos acidentes de tráfego*

Segundo Alker Tripp, a experiência tem revelado sobre acidentes em cruzamentos, onde sinais automáticos têm sido instalados, os seguintes resultados:

— Cruzamentos simples, anteriormente controlados por polícia, após a instalação de sinais automáticos, acusam muito pouca variação no número de acidentes.

— Cruzamentos simples, anteriormente sem controle, podem acusar diminuição, até mesmo substancial, no número dos acidentes.

— Cruzamentos complexos, anteriormente controlados pela polícia, podem acusar, com a instalação de sinais e a retirada do controle policial, uma elevação do número de acidentes, devido ao aumento da travessia descuidada de motoristas e de pedestres fora das vistas policiais.

— Cruzamentos complexos, anteriormente não controlados, apresentam normalmente um substancial decréscimo no número de acidentes, após a instalação de sinais.

Podemos resumir concluindo, que a adequada sinalização de cruzamentos, especialmente no sistema coordenado, tende a reduzir o número de acidentes além de facilitar o escoamento do tráfego; mas, nos cruzamentos complexos, pode ocorrer um aumento de acidentes se a Polícia fôr totalmente retirada após a instalação dos sinais. Em outras palavras, os sinais de tráfego podem substituir o controle policial nos cruzamentos simples, mas este controle torna-se muitas vezes essencial, com ou sem a ajuda dos sinais de tráfego, nos cruzamentos complexos, seja por ocorrerem mais de duas direções concorrentes, seja pelo grande volume de tráfego a atender, seja, ainda, por elevado número de pedestres.

Para a diminuição do número de acidentes, nem sempre só a sinalização resolve e por outro lado, não raro, também a ação policial necessita de providências materiais capazes de facilitar-lhe um trabalho efetivo. Neste particular os gradis protetores, reduzindo o número de possíveis e impróprias passagens de pedestres, onde seu número é elevado, são meio auxiliar indispensável à ação da polícia. Convém chamar a atenção para o seguinte: raramente o ponto de vista de proporcionar maior segurança é tecnicamente o fator decisivo determinante da instalação de sinais luminosos de tráfego. Muitos pensam, erroneamente, que a instalação de sinais, por si só, elimina os acidentes. Numerosos estudos têm provado, como atestado no "Traffic Engineering Handbook" — pág. 219, que a frequência de acidentes pode aumentar após a instalação de sinais. Uma sinalização luminosa deve ser decidida pela necessidade de resolver convenientemente os conflitos de interesses das diferentes correntes de tráfego, inclusive dos pedestres, e quando não podem ser solucionados através da observância de regras gerais e simples num cruzamento, e não, simplesmente, porque nêles ocorreram acidentes. Evidentemente, que uma vez decidida a necessidade de recorrer-se à sinalização luminosa, ela é projetada e executada para dar segurança ao tráfego, quando então este aspecto adquire importância toda especial. Um melhor entendimento sobre este assunto, certamente virá após a leitura da exposição sobre a Técnica de sinalização.

4) TIPOS E TÉCNICA DE SINALIZAÇÃO LUMINOSA

a) Tipos

Os diferentes tipos de sinalização luminosa de tráfego podem ser encontrados operando isolados ou formando um sistema pela coordenação de uma série de instalações sucessivas.

Os sinais propriamente ditos se classificam em:

- sinais operados manualmente,
- sinais automáticos ou de ciclo fixo (podendo ter equipamento para mais de um ciclo, cada um com seu tempo fixo),
- sinais automáticos controláveis,

- sinais atuados por veículos,
- sinais operados por pedestres.

Os sistemas coordenados podem ser classificados em:

- de abertura simultânea,
- de abertura alternada,
- de simples abertura progressiva,
- de abertura progressiva flexível.

[1] *Sinais operados manualmente* — São os mais rudimentares sinais luminosos de tráfego. Suas luzes se acendem e apagam através de um mecanismo simples, acionado pelo policial ou sinalheiro, geralmente operando uma manícula. Comumente marcam um primeiro estágio, na marcha para a sinalização luminosa. Como o policial ou sinalheiro precisa permanecer junto à caixa de controle, de onde acionará as luzes de acordo com as necessidades do tráfego, é preciso que a caixa de controle fique situada num ponto de onde aquele agente tenha boa visão sobre as vias convergentes.

[2] *Sinais automáticos ou de ciclo fixo* — Pode-se dizer que o automatismo é essencial às finalidades da sinalização luminosa de tráfego, porque a operação manual dos sinais só, não é capaz de realmente apresentar sobre o controle policial, a vantagem de melhor visibilidade e padronização da sinalização.

Os sinais automáticos são também chamados de ciclo fixo, porque atribuem regularmente um mesmo tempo definido e predeterminado de abertura e de fechamento para cada via ou direção de tráfego por eles regulada. Os sinais deste tipo são acionados por uma máquina situada na caixa de controle, e de funcionamento eletromecânico.

Num cruzamento simples de duas vias que se interceptam, por exemplo, a máquina faz repetidamente acender nos tempos fixados para cada via (iguais ou diferentes e da ordem de poucas dezenas de segundos) verde para uma e vermelha para outra, alternando logo em seguida através de um tempo de transição. A duração do tempo consumido para do verde para uma direção, passar a vermelho e voltar ao verde, incluídos os tempos de transição (com luz amarela ou superposição de vermelho e verde) é que se chama ciclo. A fixação dos tempos dos ciclos, bem como a sua repartição pelas direções de tráfego que precisa atender, não pode nem deve ser arbitrária, obedece a uma técnica, fruto da observação, e que será exposta mais adiante.

Os estudos de vazão do cruzamento podem indicar necessidades de ciclos diferentes para determinadas horas, em que regularmente se observam volumes diversos para as várias correntes de tráfego a regular. Para isto existem máquinas especiais, com um equipamento de relojoaria para, nas horas preestabelecidas, automaticamente passar os contatos de um para outro ciclo. Já possuímos no Rio de Janeiro máquinas deste tipo, permitindo automaticamente trabalhar com três ciclos

diferentes, um para cada período de tempo, previamente regulados.

[3] *Sinais automáticos controláveis* — São os sinais dotados de dispositivo capaz de reter a sinalização numa determinada posição e pelo espaço de tempo que se desejar; é como se travássemos a máquina. Entretanto, uma vez liberado o dispositivo de retenção, a máquina volta a funcionar, processando-se as mudanças de luzes segundo os tempos previstos no ciclo adotado. Esta possibilidade de controle, que significa uma alteração temporária de ciclo, convém existir em todos os sinais que operam isoladamente, mas quando se trata de sinais conjugados num sistema, ou temos a capacidade de estender o controle a todo o sistema, ou devemos renunciar a tal recurso, senão comprometeremos toda a eficiência procurada.

[4] *Sinais atuados por veículos* — São os sinais destinados a atender às necessidades do tráfego em cada instante, reduzindo os tempos de espera a um mínimo. Para isto são instalados transversalmente a cada faixa de tráfego, detectores de passagem dos veículos, os quais levam à máquina que comanda os sinais do cruzamento em causa, os correspondentes registros, que se transformam em solicitação de abertura de sinalização para esta ou aquela direção. Aberta a sinalização, por força de uma dessas solicitações, haverá a mudança quando ocorrer pedido a favor de outra direção. Para atender aos casos em que a demanda tende para a continuidade, estabelecem-se limites de tempo de abertura em proveito de cada uma das vias. Ainda que o tráfego esteja demandando o sinal aberto, ultrapassado o limite de tempo fixado para aquela direção, a máquina passa a atender às solicitações da ou das outras direções, até os limites dos tempos fixados para cada uma delas. Assim, quando o tráfego estiver muito pesado, a instalação fica reduzida à condição de funcionamento de sinais de ciclo fixo. No momento, entretanto, que o tráfego baixa de intensidade, em qualquer das vias, os tempos de abertura dos sinais ajustam-se pronta e automaticamente às respectivas demandas.

A experiência tem demonstrado, como por exemplo na cidade de Denver (U.S.A.), que uma sinalização desse tipo aumenta a capacidade de vazão dos cruzamentos. Além disso, melhora a segurança, porque o respeito e a confiança decorrem da certeza que os motoristas têm de que não estão parados desnecessariamente, como por vezes acontece na sinalização de ciclo fixo.

Quando ocorrem cruzamentos de ruas ou avenidas de grande volume de tráfego, com ruas secundárias pouco freqüentadas, são úteis sinais especiais que também operam graças à ação de detectores de passagem, mas diversos dos acima citados. Os norte-americanos chamam-nos de semi-atuados. Não há detectores na via principal; somente nas vias transversais secundárias. Isto permite que os sinais fiquem permanentemente abertos para a via principal. Quando há a solicitação de abertura para uma via secundária, a máquina que

estava como que parada naquela posição, começa a funcionar: fecha o sinal para a via principal e abre para a secundária pelo espaço de tempo para o qual o mecanismo foi regulado. Novas e sucessivas solicitações da via secundária não conseguirão novas aberturas sem que, escoado aquele tempo, tenha o sinal se mantido aberto para a principal durante o tempo para o qual o mecanismo foi também regulado, como se se tratasse de um sinal automático ou de ciclo fixo.

Às vezes estes sinais semi-atuados possuem ainda em relação às vias secundárias (onde os detectores ficam instalados) um controlador que abrirá o sinal exatamente de acordo com a demanda efetiva do tráfego em cada momento, mantendo-se sempre o limite do tempo máximo, além do qual nenhuma demanda é atendida sem o devido tempo de espera.

Os dois tipos de detectores mais comumente usados são o sensitivo por pressão e o magnético.

Detector sensitivo por pressão — Este detector consiste de uma estreita e comprida chapa de ferro, montada sobre um estrado de aço com molas em feitiço de sanfona. A ligação entre o detector e a máquina de controle que aciona os sinais é feita por intermédio de um cabo, mas o circuito fica permanentemente aberto, só se fechando quando a passagem de um veículo faz pressão sobre a chapa.

Existem duas espécies destes detectores, os incapazes de distinguir o sentido de tráfego do veículo que os impressionou e os que fazem a devida seleção. Os primeiros utilizam cabo de dois condutores e os últimos cabo de três condutores para a conexão entre o detector e a máquina de controle. Além disso, os últimos detectores são dotados de uma apropriada unidade de *relay* capaz de só emitir à máquina de controle, os impulsos dos veículos que se deslocam no sentido desejado, excluindo os de sentido oposto. Estes detectores mais aperfeiçoados entretanto, só operam com veículos até 60 km/h de velocidade, enquanto que os outros são capazes de funcionar com veículos até 100 km/h, desde que a máquina de controle seja das melhores.

Detector magnético — Os detectores magnéticos não são todos iguais, mas todos eles se caracterizam por não consumirem energia, nem possuem partes móveis. Não sofrem qualquer influência em seu funcionamento pelo estacionamento de carros em suas proximidades, nem são afetados por extremas condições de temperatura ou de umidade. Unidades amplificadoras são sempre exigidas no circuito dos detectores magnéticos, porque a voltagem gerada, no circuito de um detector magnético, pela passagem de veículos, é muito pequena. Estas unidades, conhecidas como "magnetic detector relay unit" recebem os impulsos dos detectores magnéticos, e ampliam-nos a uma magnitude capaz de fazer funcionar o equipamento terminal na máquina de controle. Estas unidades são dotadas de um "dial" ou outro meio de regu-

lagem para limitar a sensibilidade e o campo de influência do detector magnético.

Os detectores magnéticos mais comumente empregados são chamados pelos norte-americanos de tipo "Non-compensated" e "Compensated". Aquêles tem um único circuito magnético e exige cabo de dois condutores, e funciona pela distorção do campo magnético da terra, causada pela passagem de veículos dentro de sua zona de influência. Não serve para locais onde ocorrem grandes e flutuantes influências eletromagnéticas, como sejam as provocadas por bondes e "trolley buses".

O tipo "compensado" tem múltiplos circuitos e não é afetado por influências eletromagnéticas, como as provocadas por bondes ou "trolley buses". Tem uma zona de influência bem definida e bom grau de seletividade quanto ao sentido dos veículos em deslocamento. Cabo de três condutores é necessário para conectar cada detector com a máquina de controle. Uma unidade terminal, na caixa de controle é necessária para cada detector.

[5] *Sinais operados por pedestres* — São sinais dotados de um botão para, uma vez calcado por um pedestre, determinar a mudança da sinalização, tal como se fôsse um sinal semi-atuado de que há pouco falamos, com a única diferença que em lugar da solicitação ser feita por meio de um detector de passagem o é pela pressão no botão próprio. São empregados em cruzamentos de via secundária com uma principal, em que permanentemente os sinais estejam dando passagem para esta última, ou em trechos de via por demais extensos, sem cruzamentos, mas com a necessidade de oferecer, de espaço a espaço, oportunidade de travessia segura aos pedestres, através do fechamento de sinal quando necessário. Naqueles casos conjugam-se sinais semi-atuados por veículos das transversais com os botões para serem acionados por pedestres; o funcionamento da sinalização é o mesmo quer a solicitação tenha tido origem num detector de passagem por um veículo, quer num botão pela ação do pedestre interessado.

Os botões são montados sobre uma placa ou espelho metálico preso ao poste de sinalização, tendo junto instruções para seu uso. O pedestre deve ser instruído para depois de apertar o botão esperar que a sinalização luminosa lhe autorize a passar, seja através de um sinal de pedestre adequadamente instalado quando o SIGA se acender, seja através do sinal verde aceso na sua frente. Sucessivas pressões sobre um botão conseguem, no máximo, como explicado linhas atrás para os sinais semi-atuados, que os sinais funcionem como se fôsem de ciclo de tempo fixo, e assim mesmo é preciso que se complete o ciclo para que nova solicitação no botão consiga obrigar a máquina a funcionar.

[6] *Sistema de abertura simultânea* — É o sistema no qual todos os sinais, ao longo de um itinerário, sempre mostram a mesma indicação, num mesmo tempo. A divisão do ciclo é a mesma, em todas as interseções sinalizadas do sistema. Uma única máquina de controle é utilizada para

operar uma série de interseções. Este sistema não é recomendável, devido a sua muito pouca flexibilidade.

Suas principais desvantagens são:

— Não permitir continuidade à circulação do tráfego e os motoristas terem a tendência de cometer excessos de velocidade, para passarem pelo maior número de sinais dentro de um mesmo tempo de abertura.

— A divisão do ciclo sendo a mesma, em todas as interseções do sistema, dificilmente pode satisfazer bem a todas elas.

[7] *Sistema de abertura alternada* — Como o nome indica, é o sistema em que, alternadamente, os sinais ou grupos de sinais, dão indicações opostas para uma dada via, numa mesma ocasião. Além disso, para caracterizá-lo simplesmente como de abertura alternada, convém lembrar que sua operação se faz através de uma única máquina de controle; a alternância das indicações dos sinais sendo obtida, simplesmente, pela reversão dos fios correspondentes aos sinais verde e vermelho nas interseções sucessivas.

Quando há condições favoráveis de espaçamento, o arranjo passa a constituir, de alguma forma, um aperfeiçoamento sobre o sistema de abertura simultânea, porque permite continuidade ao tráfego. Um sistema progressivo, de que falaremos adiante, pode funcionar como um sistema alternado, em que o início do tempo de abertura (verde) nos sucessivos sinais esteja decalado de meio ciclo.

As principais desvantagens deste sistema são:

— Requerer repartição do ciclo em partes iguais, não permitindo atribuir à via principal, um tempo de abertura maior, como se torna comumente necessário, quando não mesmo indispensável.

— Não se adaptar bem quando os quarteirões têm comprimentos desiguais.

— Não permitir fáceis ajustamentos às modificações das demandas do tráfego diário.

[8] *Sistema de simples abertura progressiva* — É o sistema em que todos os sinais que controlam uma determinada via ou itinerário dão as indicações de passagem (verde) de acordo com um programa horário para permitir (tão aproximadamente quanto possível) o deslocamento contínuo de grupos de veículos ao longo da via, numa planejada velocidade, que pode variar em diferentes partes do sistema. O agrupamento máximo de veículos que pode gozar de um deslocamento contínuo, através do sistema, costuma ser medido em segundos e definido como segmento da corrente contínua de tráfego.

Para este tipo de sistema de sinalização, o conjunto mecânico que regula a distribuição do tempo em cada instalação é estabelecido para proporcionar o melhor deslocamento progressivo do tráfego em ambas as direções na via, mas, uma vez regulado aquele conjunto mecânico, não mais

se altera a distribuição do tempo que êle proporciona através de todo o dia. Cada instalação de sinais pode ter uma divisão de ciclo diferente das outras, mas aquela divisão permanece a mesma através de todo o dia.

[9] *Sistema de abertura progressiva flexível* — E' o sistema progressivo que permite a maior ajustagem possível às variações das demandas de tráfego através do dia.

Neste sistema:

— A extensão e a divisão do ciclo podem variar, graças ao emprêgo de máquinas especiais, conhecidas como controladoras de múltiplos ciclos, de que já falamos, geralmente permitindo duas ou três diferentes escolhas, as quais podem entrar em operação, de acôrdo com a regulagem prévia de um mecanismo de relojoaria.

— E' possível arranjá-lo de tal forma, que só funcione como sistema progressivo, durante as conhecidas horas de atividade diária e que nas horas mortas, automaticamente, passe a operar de acôrdo com a atuação dos veículos em cada uma das interseções.

Esta última situação corresponde aos casos em que o sistema trabalha em conjugação com a atuação dos veículos e não somente de acôrdo com ciclos de tempo fixo. Os sinais acionados por veículos, com detectores tanto na via principal como nas transversais, são então usados como unidades de um sistema geral, sendo conectados de modo que haja, na via principal um constante *impulso para a frente*. O sistema pode também ajustar-se à maior ou menor demanda do tráfego graças à instalação de controladores de volume ou integradores de tráfego. Quando, entretanto, o volume do tráfego cai abaixo de determinado número, toda a instalação opera independentemente, de acôrdo com as isoladas solicitações de cada uma das interseções.

Este arranjo não dá, entretanto, prioridade real à via principal e só deve ser empregado onde o tráfego seja relativamente esparso ou onde as vias que se cruzam sejam de importância sensivelmente igual. Trata-se de recurso técnico recomendável aos casos de acentuadas diferenças entre o pico diário e os períodos de calma e quando o tráfego noturno é apreciável, embora intermitente.

b) Técnica de sinalização

[1] *Respeito à padronização* — A padronização é uma das providências importantes, para não dizer fundamentais mesmo, no estabelecimento de uma boa sinalização. Não só a padronização de tipos, estrutura e forma, mas também de disposição dos sinais são indispensáveis, de um lado por motivos de ordem econômica, visando o barateamento de seu custo, e de outro para facilitar a compreensão e a conseqüente obediência por parte de motoristas e de pedestres.

Quem observa a sinalização de São Paulo e do Rio de Janeiro, por exemplo, verifica, logo à

primeira vista, a falta de uniformidade dos blocos luminosos (faróis como os chamam naquela cidade) adotados nas duas maiores cidades brasileiras. No presente momento, verificamos também que o Rio de Janeiro está concomitantemente empregando sinais com as côres vermelha, amarela e verde e de duas côres, isto é, vermelha e verde. Os dois sistemas são, como já dissemos, internacionalmente aceitos, isto, entretanto, não exclui a conveniência de opção por um dêles.

A disposição da sinalização tem excepcional importância para facilitar seu pronto reconhecimento pelos interessados freqüentadores das vias públicas. Uma sinalização luminosa ora suspensa ou aérea, ora junto ou longe de postes de sustentação, ora lateral, ora central, com blocos luminosos, ora a 2,30 m, ora a 3, a 4, ou a mais metros de altura apresenta o grave inconveniente de poder passar despercebida, principalmente pelos que passam pelo local pela primeira vez.

As convenções de placas, marcos, marcações etc., internacionalmente aceitas, visam um fácil e geral entendimento, através da padronização, mas isto não basta, é preciso sempre que as placas, os marcos ou marcações e outros avisos sejam uniformemente dispostos ou estabelecidos nas vias públicas, bem como que os letreiros explicativos e complementarmente necessários sejam também confeccionados e apresentados de forma sempre análoga. As inscrições nas próprias placas convencionais, por exemplo, são práticas pouco recomendáveis, como também o são a infinidade de tipos de letras, de maneiras de dizer etc., que se notam em muitos avisos colocados nas vias públicas. Todo o esforço de adoção de normas padrões, inclusive para a feitura daqueles avisos, produzirá bons resultados. Uma das importantes e simples providências é escrever o complemento que se tornar indispensável a uma placa convencional, numa outra de forma retangular, colocada abaixo daquela. Impõe-se abolir a prática de inscrever avisos sobre placas convencionais, quase sempre empregando pequenas letras, de difícil leitura ao longe, e comprometendo o bom e rápido entendimento da própria convenção, como se usava e se está voltando a usar no Rio de Janeiro, por exemplo.

Além de tudo isto, as normas padrões simplificam o trabalho dos executantes da sinalização, de maneira extraordinária, além de aumentar-lhe o rendimento. E' preciso, então, complementar as convenções já constantes de nossa legislação, com normas padrões já consagradas em trabalhos técnicos e, mais do que tudo desenvolver a consciência de que é indispensável obedecê-las. Para caracterizar o cuidado com detalhes de padronização citemos as lentes dos sinais luminosos, hoje internacionalmente utilizadas, têm 21 cm de diâmetro seguindo uma padronização iniciada pelos norte-americanos; mesmo os ingleses, onde em várias cidades se acreditava que as lentes de 30,5 cm de diâmetro eram melhores, já aceitam aquêle padrão.

Será de grande utilidade que o Conselho Nacional de Trânsito, recorrendo à cooperação de nossa Comissão de Normas Técnicas, estabeleça o quanto antes um Manual Técnico, com todos os padrões para a feitura e o estabelecimento de toda a sinalização de tráfego nas vias públicas; trabalho que poderia inspirar-se no "Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways", editado em 1948 pela "Public Roads Administration" dos Estados Unidos da América e preparado por uma Comissão mista de representantes da "American Association of State Highway Officials", do "Institute of Traffic Engineers" e da "National Conference on Street and Highway Safety" e que deveria levar em conta outros subsídios técnicos, mais recentemente conhecidos.

Qualquer inovação na sinalização só poderia ser introduzida depois de aprovada por uma Comissão Técnica Central competente. O que não exclui que os inventores de tais inovações não pudessem fazer experiências de verificação preliminar, em alguns logradouros públicos, antes de submeter o novo dispositivo, aparelho ou norma ao julgamento daquela Comissão. Em matéria de sinalização, como aliás em muita coisa na vida, aspectos indiscutivelmente favoráveis conduzem, muita vez, a um julgamento unilateral e precipitado, completamente diverso do resultado a que se chegaria, após uma apreciação serena de todos os fatores interessados na questão ou por ela afetados.

Comentemos a seguir duas inovações na sinalização para sentir, de um lado que deve haver órgão técnico central para decidir sobre a conveniência ou não da adoção, e de outro para evidenciar como não é simples aplaudir ou condenar a novidade.

Vejamos, inicialmente, o uso de campanhas automáticas conjugadas com os sinais luminosos. Há muitos anos que tais campanhas, com a idéia de alertar duplamente pelo ouvido e pela vista, a mudança do sinal verde para o vermelho foram introduzidas em Paris e outros lugares, inclusive em Los Angeles, onde minuciosas investigações foram realizadas em 1940 para decidir se se tratava de aperfeiçoamento útil. Entre nós, por exemplo, há vários anos atrás, um daqueles dispositivos foi instalado no cruzamento da Avenida Rio Branco com a rua do Ouvidor, no Rio de Janeiro.

Será uma inovação útil? Deve ser sistematicamente adotada em todos os sinais? Que desvantagens apresenta? Eis perguntas importantes que só uma pesquisa conscienciosa será capaz de responder. Com efeito: os estudos realizados pelo "Automobile Club of Southern California", incluindo 3.500 observações de motoristas na primeira linha esperando a abertura de sinal, revelaram que o som da campanha encurtou de aproximadamente um segundo o tempo médio de reação dos motoristas, que partiam no início da abertura do sinal, mas também que o número dos que se precipitavam, avançando antes do sinal verde,

passou a ser três vezes maior com o uso da campanha. A adoção do dispositivo sonoro está longe de constituir um aperfeiçoamento real, de aplicação generalizada. Suas vantagens são muito limitadas, quando não mesmo aparentes. O som terá utilidade para quem não está observando o sinal com a vista, mas quem ouve passa a não ter a preocupação preliminar de verificar qual o comando do sinal luminoso no momento, para agir em consequência dele; ao contrário, instintiva e automaticamente, age em função do som que ouviu o qual, por associação de idéias, lhe significa simplesmente parar se está andando, ou andar se está parado. Nessas condições, um sinal auditivo funciona como que substituindo um sinal luminoso, mas a sinalização luminosa moderna, como já vimos, não pode apresentar, na maioria dos casos, a simplicidade de, a cada mudança de indicação dos sinais, corresponder sempre uma ação inversa da anterior. Ao contrário, as direções para as diferentes correntes de tráfego motorizado costumam ser decompostas para se sucederem em mais de dois tempos diferentes (ver a página 20 da "R.S.P." de jan.) e precisam ser, além disso, combinadas com os movimentos de travessia de pedestres das formas mais diversas, de acordo com as características especiais e reais de cada cruzamento. Numa tal sinalização, a campanha passaria a ter o inconveniente de levar pedestres e motoristas, que ouvissem seu som e estivessem na primeira linha, a agir em função dele, muitas vezes de forma desaconselhável, quando não perigosa. A propósito, convém lembrar, que é por isto que se considera prática errada o policial ou guarda de tráfego apitar a cada mudança da sinalização luminosa. Trata-se de vício antigo entre nossos policiais e que é preciso corrigir. Uma observação em qualquer dos cruzamentos, em que o possível conflito das direções de tráfego concorrente foi resolvido em mais de dois tempos distintos de passagem, pela combinação adequada do escoamento das correntes de tráfego correspondentes à decomposição daquelas direções, o inconveniente do silvo de apito dum policial, repetido a cada mudança de sinal, pode ser observado. Não são poucos os que se lançam para a frente, quando ainda deviam estar parados.

A campanha só se deve aplicar em casos especiais, como o do cruzamento da rua do Ouvidor (através da qual só pedestres transitam) com a Avenida Rio Branco, no Rio de Janeiro, porque ali ao mudar-se o sinal os que estão parados devem andar e vice-versa. (12)

(12) Ver na página 21 desta Revista que, sendo o tempo de transição para os pedestres (subtempo de limpeza da faixa de segurança) muito mais longo que o tempo de transição para os veículos, a campanha pode ser aplicada conjugada ao sinal de pedestres com vantagem para estes, mas permanece o inconveniente dos motoristas se precipitarem com o som intermédio que ouviriam.

A aplicação de espelhos nos cruzamentos é outra inovação que, tentada aqui e acolá, não se tem, entretanto, generalizado. Recentemente, o Eng. Walfredo Cavalcanti, da Estrada de Ferro Sorocabana, vem experimentando seu sistema de espelhos planos em Sorocaba, Jundiaí, Juiz de Fora, São Paulo e Belo Horizonte, em vez de espelhos convexos, como os tentados em algumas cidades européias.

Sou daqueles que julga dever a experiência de uma inovação ser sempre observada com toda a serenidade e cuidado. Não possuo ainda observações e informações suficientemente completas para apoiar ou desapoiar um tal dispositivo. Numa apreciação preliminar, entretanto, apresento as seguintes observações, ainda com aquela idéia de salientar a necessidade de não nos deixarmos iludir com certos aspectos favoráveis, que podem encobrir desvantagens e inconvenientes, muitos dos quais não surgem nas condições de tráfego em que, num mesmo cruzamento, as experiências se verificaram e que podem ser patenteados quando estas se modificarem.

O que se objetiva com os espelhos nos cruzamentos?

Que um veículo não pare desnecessariamente e que dois veículos se aproximando ao mesmo tempo de um cruzamento não se venham a chocar, gerando em consequência da observação do espelho uma maior cautela dos motoristas nos cruzamentos.

Estudando-se a evolução e o tipo de sinalização necessária, como fizemos páginas atrás (ver o número de janeiro) fácil é compreender como parecem reduzidíssimos os casos em que os espelhos seriam vantajosos, e sem embargo de serem indicados com muita frequência onde se tratar de cruzamentos muito pouco frequentados por veículos e por pedestres, quando ainda a sinalização luminosa não se torna necessária.

[2] *Disposição da sinalização* — A disposição dos sinais de tráfego deve obedecer, antes de mais nada, a condição de proporcionar a melhor visibilidade possível, e de uma distância tal que, na velocidade máxima permitida, assegure o tempo suficiente para a obediência dos sinais, sem dificuldade.

Aquêle é um princípio indiscutível, mas, apesar disto, argumentando com êle, aqui e acolá, em cidades diversas e até na mesma cidade, podem ser observadas as mais diversas colocações dos sinais luminosos, ressaltando a necessidade de padronização de que há pouco falamos.

Podemos resumir as diferentes disposições em duas grandes classes — sinais colocados fora da pista, isto é, em suas margens e sinais colocados sobre a pista. Aquêles podem estar montados nos próprios terminais de postes especiais, ou presos aos postes por meio de braços curtos, de forma que os blocos luminosos não se projetem verticalmente sobre a pista. Os últimos podem estar presos,

por meio de braços longos, a postes situados fora da pista, estar sustentados por cabos aéreos presos a postes laterais ou a edifícios marginais, ou, então, estar montados em pedestais, ou sustentados por postes levantados sobre refúgios ou ilhas centrais. O aspecto financeiro do custo da construção dos sinais tem, em muitos casos, sido fator determinante da opção por este ou aquêle tipo.

Além disto, a combinação do número de blocos luminosos, com uma ou outra daquelas disposições, será capaz de aumentar extraordinariamente a série de sinalizações diferentes. O "Manual on Uniform Traffic Control Devices" norte-americano chega a admitir 19 padrões diversos, dos quais 7 classifica como padrões mínimos e dentre estes, dois só para zona rural.

A Itália e algumas cidades alemãs utilizam o tipo de sinais suspensos por meio de cabos aéreos. Na Inglaterra o normal são os sinais presos a postes colocados nas margens das pistas.

No Brasil são mais comuns os sinais presos diretamente a postes do que os sustentados por cabos aéreos, mas de alguns anos para cá, o número destes tem aumentado no Rio de Janeiro, o que em absoluto não significa aplausos a tal orientação. Quando Diretor do Serviço de Trânsito, tomei a decisão de fazer instalar nos cruzamentos da Esplanada do Castelo, no Rio de Janeiro, sinais sustentados por cabos aéreos presos às paredes dos Edifícios das esquinas, para, economizando o custo dos postes, poder enfrentar com reduzida verba a sinalização de um maior número de lugares. Sinto-me à vontade para criticar a proliferação de sinais aéreos, uma vez que muitos deles foram instalados na Capital Federal por determinação minha.

Um debate sobre as vantagens e desvantagens das diversas e possíveis colocações dos sinais luminosos, com a pretensão de esgotar o assunto, seria muito longo e talvez de pouca utilidade. Parece-me mais útil expor argumentos e conclusões que consubstanciem os últimos estudos técnicos sobre o assunto, orientação que vindo a ser adotada em nossas cidades e zonas rurais evitará desperdício de tempo e dinheiro, aumentará a segurança do tráfego e melhorará suas condições de eficiência.

Uma boa sinalização precisa oferecer a cada corrente, que se aproxima de um cruzamento, pelo menos a exposição de dois sinais separadamente localizados e dispostos de tal forma, que se um deles ficar indivisível para um motorista, o outro não o seja. Costuma-se dizer, que deve haver sempre, para cada direção, um sinal principal e outro secundário.

Nos cruzamentos em zona urbana a melhor sinalização é a sustentada por postes, ou montada nos terminais de postes especiais, uns ou outros adequadamente dispostos, como esclarece a Fig.

63. O sinal principal deve estar sempre junto ao meio-fio próximo da direita e o sinal secundário no oposto e afastado meio-fio da esquerda. Nas vias excepcionalmente largas, um outro sinal prin-

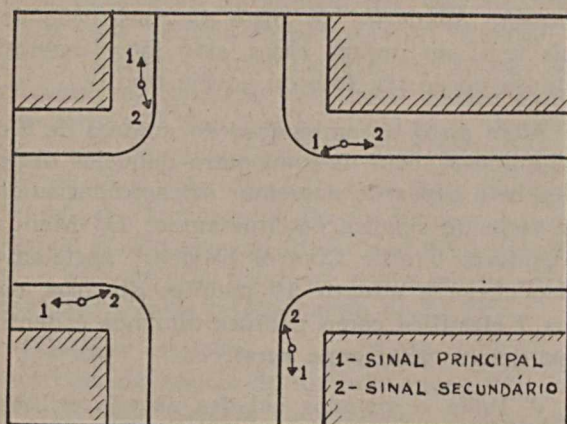


Fig. 63

cipal é desejável e o melhor lugar para êle é um refúgio ou ilha central na entrada do cruzamento. Não é aconselhável colocar um sinal secundário num refúgio do lado oposto ao da entrada, como muitos erroneamente têm pensado. A Fig. 64 exemplifica uma conveniente disposição para aquele caso.

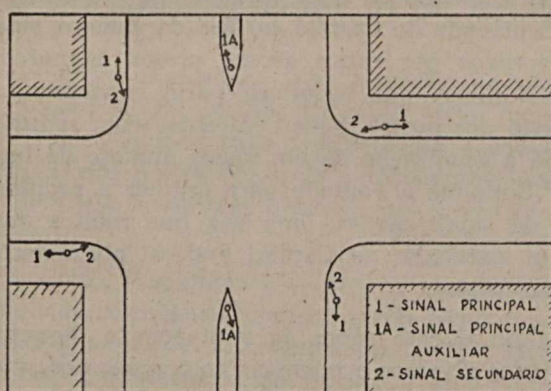


Fig. 64

Numa interseção em forma de "T" a disposição aconselhável para os postes é a da Fig. 65.

Quanto à altura dos blocos luminosos, o centro do foco luminoso mais baixo (verde) deve estar no mínimo a 2,40 m acima do passeio e no

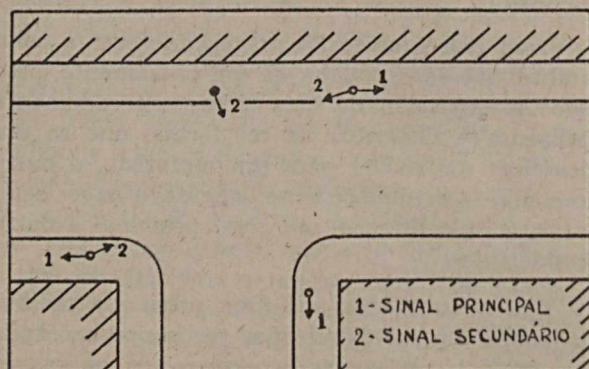


Fig. 65

máximo a 3 m. Tais colocações exigem que a projeção vertical da base dos blocos caia integralmente sobre o passeio, incluído o meio-fio.

Quando um bloco luminoso estiver projetado sobre a pista da via, a parte inferior dêle deve estar pelo menos a 4,45 m e no máximo a 4,75 m acima da superfície da pista.

Os sinais colocados sobre as pistas, sustentados por longos braços presos a postes ou por cabos aéreos, dão uma impressão de grande visibilidade, principalmente, porque na realidade foram aí colocados na maioria dos casos para fugir à obstrução de galhos de árvores, postes de iluminação ou de outros serviços e mesmo para evitar confusão com letreiros luminosos próximos. Na realidade, há somente uma impressão de maior visibilidade, porque, devendo estar acima de 4,45 m da superfície da pista, exige que o motorista eleve seu raio visual acima do nível normal que a direção de veículos requer. Para quem sabe da existência do sinal, é mais visível, mas para os demais não o é.

Nas zonas rurais, ou melhor nas vias de altas velocidades, os sinais suspensos vêm sendo recomendados como preferíveis por grande número de técnicos, o que não acontece entretanto para os cruzamentos de zona urbana. Quando adotados, a melhor disposição é a da Fig. 66.

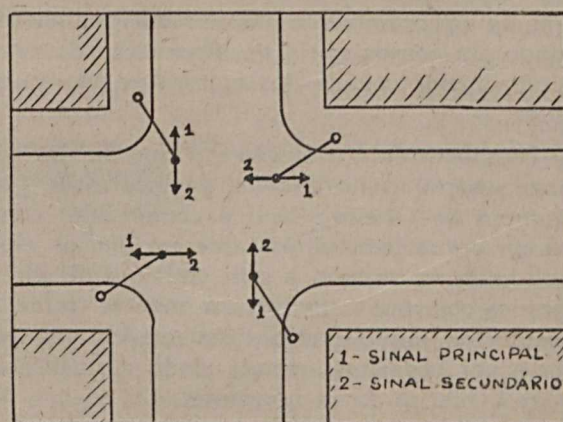


Fig. 66

Quanto à necessidade de evitar confusão com letreiros comerciais coloridos e luminosos, o remédio não é remover os sinais de tráfego de uma altura normal para outra tecnicamente desaconselhável e sim compor os responsáveis à retirada do que pode perturbar a nítida e rápida compreensão dos sinais. Para isto é necessário incluir, em lei, disposição asseguradora da medida.

Com o fito de ressaltar os postes e os blocos de sinalização, tornando-os facilmente reconhecíveis, a prática mais generalizada no mundo tem sido sua pintura zebra. O padrão seguido na Inglaterra é a pintura em faixas alternadas de 30 cm, branca e preta, indo até o tope do sinal incluído o bloco. No Rio de Janeiro preferimos dar às faixas pretas a largura de 20 cm e às faixas brancas a largura de 30 cm, e manter totalmente branca a face do bloco onde estão montados os focos luminosos.

E' oportuno lembrar que no caso de proibições de dobrar à direita ou à esquerda num cruzamento, as placas de aviso correspondente devem ser afixadas junto aos sinais luminosos.

[3] *Marcação dos cruzamentos* — Para que os pedestres possam atravessar, seguindo o prolongamento imaginário dos passeios, é preciso que os veículos parem nos cruzamentos, no máximo na altura da linha dos edifícios da via transversal. Quando o cruzamento não é sinalizado, o motorista precisa avançar mais, para ter visibilidade sobre a transversal e poder prosseguir quando possível, observando a regra (I). (13) Como consequência natural e lógica, tôdas as interseções sinalizadas devem ser devidamente marcadas para deixar pelo menos livre a faixa transversal correspondente ao prolongamento dos passeios, o que se consegue com o que se convencionou chamar "linha de parada". A linha de parada não só tem a finalidade de permitir a travessia dos pedestres, como também a entrada franca dos veículos que dobram à esquerda. Tendo ainda o objetivo de bem orientar e facilitar o escoamento do tráfego de veículos no cruzamento, além das linhas de parada devem ser traçadas "linhas guia". Nas vias de mão dupla e quando não há separação material entre as duas faixas de tráfego, é indispensável uma linha guia, como se vê na Fig. 67, esten-

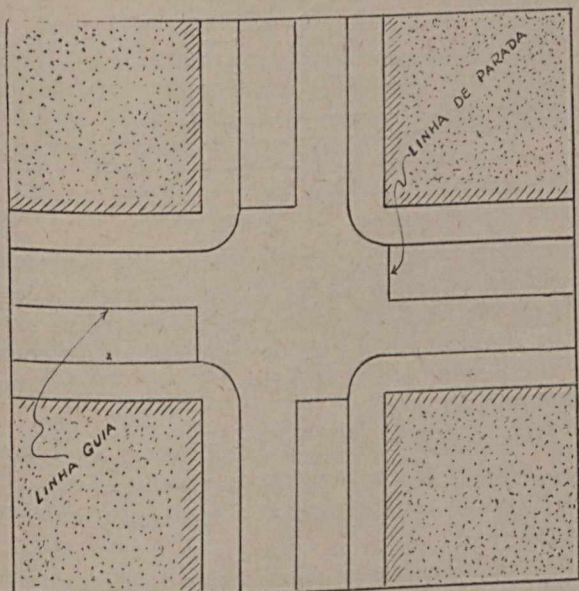


Fig. 67

dendo-se atrás da linha de parada, numa extensão de pelo menos 10 m, como começamos a fazer nas Ruas Voluntários da Pátria, São Clemente, Bambina, Humaitá, Farani etc., por exemplo no Rio de Janeiro. Tais linhas são necessárias para delimitar a faixa, dentro da qual os motoristas devem manter seus veículos. Se eles se expandem além do limite, criam obstrução ao tráfego que vem do outro sentido e a duração do ciclo e de seus tempos não mais corresponderá às conclusões do estudo convenientemente realizado.

Também são consideradas linhas guias as que podem ser observadas na Fig. 53 (ver na página 17 da "R.S.P." de janeiro) com o fim de definir as filas em que os veículos devem se manter e os arcos de círculo destinados a orientar os que dobram à esquerda. No caso de vias suficientemente largas e onde os veículos que dobram à direita são relativamente numerosos pode também ser útil e, mais do que isto, necessária, uma marcação como a exemplificada na Fig. 68. Outras

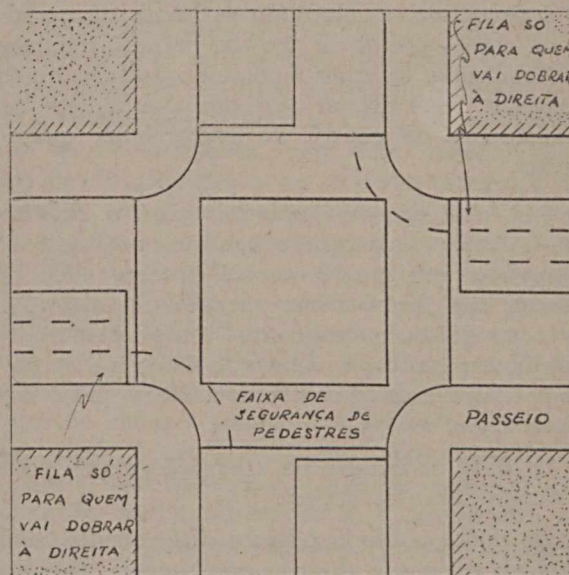


Fig. 68

formas de marcação, com finalidades análogas tornam-se necessárias, de acordo com a solução dada ao escoamento do tráfego em cada caso. São Paulo já nos oferece uma série de exemplos interessantes, entre os quais destacamos o cruzamento da Avenida São João com a rua Líbero Badaró.

Quanto ao traçado das linhas de parada, convém assinalar que, no caso de existência de faixas de segurança de pedestres, a linha de parada deve estar separada da linha limite da faixa de segurança, para deixar esta inteiramente livre ao trânsito de pedestres.

Quando há desproporção da largura de uma via em relação a outra, a posição das linhas de parada, em relação ao cruzamento por elas formado, deve ser como vemos na Fig. 69, isto é, as

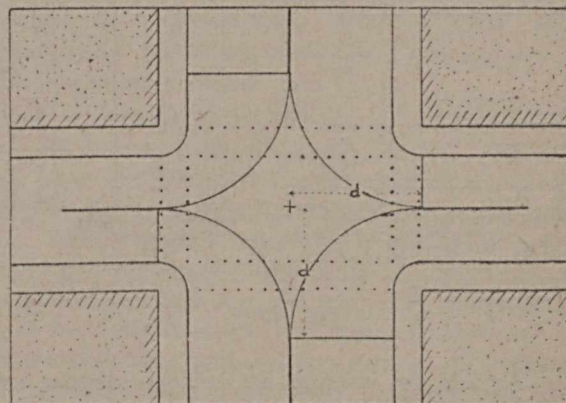


Fig. 69

(13) (pág. 14 da "R.S.P." de janeiro).

linhas de parada sobre a via mais larga devem ficar mais distantes das esquinas que as da via mais estreita, para que os veículos oriundos desta e que dobrando à esquerda vão entrar na via mais larga não sofram qualquer embaraço da parte dos que estejam esperando, na linha de parada daquela. Um bom exemplo da necessidade desta marcação podemos encontrar no cruzamento da Avenida Rio Branco com a Avenida Presidente Vargas, no Rio de Janeiro. Normalmente a solução é encontrada: colocando as linhas de parada da via mais estreita na posição natural, na linha dos edifícios da via mais larga, e traçando as linhas de parada desta última de modo que fiquem tão equidistantes do centro do cruzamento, quanto aquelas.

[4] *Estudos fundamentais para a sinalização* — Antes de decidir sobre que sinalização é adequada a um cruzamento, é preciso, além de conhecer sua forma física, através da respectiva planta e do reconhecimento complementar do local, discernir sobre o volume, a direção e a composição das várias correntes de tráfego que o frequentam.

O censo do tráfego na interseção visada pode ser obtido como se segue:

Os dados sobre o número dos veículos, seus diferentes tipos e a direção que seguem (os que dobram à direita e à esquerda, e os que prosseguem em linha reta) são registrados em *fôlhas de contagem*, cujo modelo apresentamos na Fig. 70.

FOLHA DE CONTAGEM

LOCAL: _____

TEMPO: (14) _____ CONDIÇÃO DA SUPERFÍCIE DA PISTA: _____

CONTAGEM FEITA DE _____ ÀS _____ (HORA)

+
INDIQUE
O NORTE

NOTAS: — Separe nas colunas as categorias dos veículos: passageiros, carga, coletivos, etc.
— Anote como se segue: IIII IIII (24 neste exemplo)

DATA: _____ Assinatura: _____

Fig. 70

As anotações do volume de tráfego devem ser feitas para cada 15 minutos, sendo, entretanto, suficientes os volumes horários nas horas de trá-

fego fraco (chamadas pelo público de horas mortas de cada dia). Normalmente os ciclistas são excluídos de tal contagem, a menos que sejam muito numerosos e haja necessidade de dar-lhes uma atenção especial.

Os totais relativos a cada hora, extraídos daquelas folhas são carregados numa *fôlha sumário* do modelo apresentado na Fig. 71.

CENSO DE TRÁFEGO PARA SINAIS LUMINOSOS

FOLHA SUMÁRIO

DISTRITO ou BAIRRO: _____

LOCAL: _____

DATA: _____ TEMPO: (14) _____

HORA	ENTRANDO NO CRUZAMENTO DE:										TOTAL	NOTAS		
	E	F	D	E	F	D	E	F	D	E			F	D
8-9														
9-10														
10-11														
11-12														
12-13														
DE 10. RA EM HORA ATÉ 24														
TOTAL DE 8-24														
TOTAL DE 9-18														
MÉDIA HORÁRIA 9-18														
90 DO TRÁFEGO TOTAL 9-18														

Fig. 71

Obtida a média horária para cada corrente de tráfego na *fôlha sumário*, ela é carregada na *fôlha de distribuição*, onde esquematicamente podemos apreciar as condições médias do tráfego que frequenta o cruzamento, numa integração completa (ver a Fig. 72).

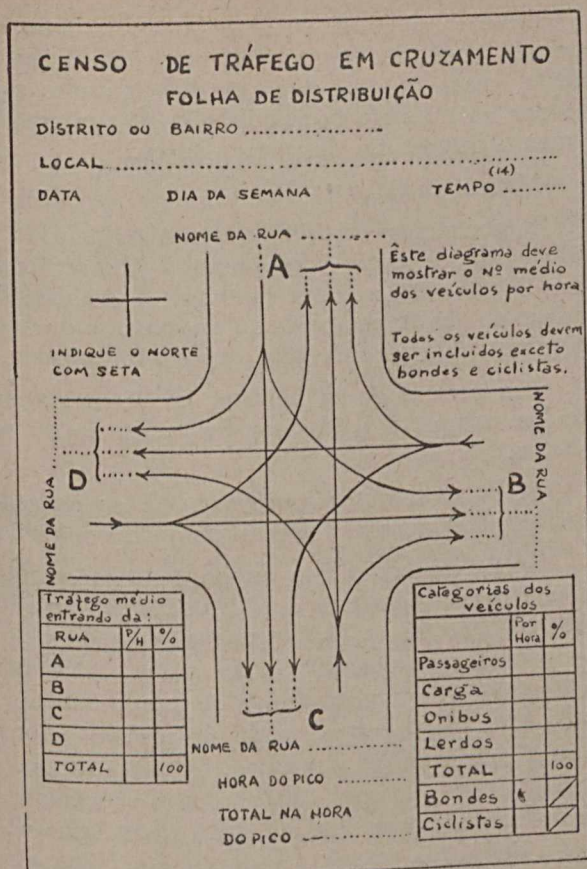
Sempre que o número de pedestres for grande, é preciso fazer também o levantamento de suas correntes de travessia das vias da interseção considerada.

Os dados sobre as velocidades do tráfego são também necessários.

Quando se trata somente de decidir sobre que divisão mais convém ao ciclo de um sinal, ou quando não há tempo para estudos tão completos, como os que acabamos de indicar, será suficiente a contagem do volume do tráfego totalizando cada quinze minutos de uma das horas de tráfego normal e também dos dois quinze minutos de uma meia hora do período de pico de tráfego.

Só depois de tais estudos, devem ser tomadas as decisões relativas à sinalização que convém instalar, ou referentes aos aperfeiçoamentos que devem ser introduzidos numa existente. Quanto ao censo do tráfego, é preciso não esquecer que mui-

(14) Significa estado atmosférico.



tos resultados podem ser bem alterados, após a remoção de certos entraves e, por isto, novos levantamentos de atualização se impõem após a introdução de algumas modificações.

[5] *Fixação do tempo dos ciclos* — Além de levar em conta os estudos fundamentais referidos no número [4] anterior, para estabelecer qual o ciclo que mais convém, é preciso considerar os demais fatores, como sejam a velocidade e a maneira segundo a qual os diferentes tipos de veículos e os pedestres, quando fôr o caso, devem realizar suas passagens pela interseção.

Cada interseção merece um estudo e uma solução correspondente a suas características, mas há uma série de condições ou princípios guia, fruto da experiência já consagrada pelos técnicos, a serem levados em conta, os quais são também capazes de muito auxiliar os responsáveis, quando precisam decidir sobre os ciclos e sua divisão.

— Os sinais acionados por máquinas, que só admitem regulagem para um único ciclo, devem concomitantemente atender os períodos de pico de tráfego e as demandas mais fracas; por isto, o ciclo deve ser regulado de forma a satisfazer às necessidades do período de pico. (15)

(14) Significa estado atmosférico.

(15) Quando se quiser saber se um determinado ciclo está em condições de atender à demanda do pico de tráfego, basta verificar se há a disponibilidade de pelo menos 2,5 segundos por veículo de cada uma das filas da direção considerada. Para essa verificação consideram-se o volume de tráfego de 15 minutos no período de pico e o número total de segundos do tempo de abertura, dentro dos mesmos 15 minutos, que o ciclo confere à direção considerada.

— Nas interseções em que as vias se cruzam ortogonalmente, não são muito largas e onde não há grandes volumes de tráfego, o ciclo recomendável varia entre 35 e 50 segundos.

— Onde uma maior largura das vias exige maior tempo para a travessia de pedestres e onde haja volumes de tráfego extremamente elevados, ou substanciais interferências com as voltas à esquerda ou à direita, o ciclo já precisa ser maior, de 45 a 60 segundos.

— Quando haja necessidade de decompor o ciclo em mais de dois tempos, sem contar o tempo de transição, ou no caso de confluência de três vias de análoga exigência, os ciclos devem ser de mais de 55 segundos, não indo, normalmente, além de 70 segundos e no máximo atingindo 90 segundos. E' preciso não confundir êstes dados, que se referem a cruzamentos dos centros comerciais das cidades onde o tráfego das vias conhecidas como transversais secundárias têm importância muito apreciável, com os cruzamentos ao longo das vias preferenciais, que ligam o Centro de uma Cidade a seus bairros, nos quais a desproporção entre o tráfego das preferenciais e das transversais é tão grande que uma abertura até de dois e mais minutos em proveito daquele, pode não causar maior transtôrno às transversais e por outro lado é sempre de grande benefício ao escoamento da preferencial.

— Na divisão do ciclo em tempos para o atendimento das correntes de tráfego das vias que se cruzam, deve-se levar em conta o seguinte:

— Em qualquer circunstância é inadmissível um tempo de abertura inferior a 11 segundos, e a experiência tem demonstrado que um tempo de 15 segundos, em condições normais fora dos picos de tráfego, proporciona ótimos resultados.

— De um modo geral, nas zonas urbanas, a duração mínima dos tempos de abertura e fechamento dos sinais é muito mais influenciada pelo tempo que os pedestres precisam para atravessar as vias nos cruzamentos, do que pelos volumes de tráfego a que atendem, por isso aquêles limites podem não satisfazer aos pedestres.

— A corrente de tráfego que possui maior volume por fila deve contar com maior tempo de abertura a sua disposição.

— Quando é possível distinguir tráfego com unidades de deslocamento sensivelmente mais moroso que o de outras correntes, deve ser a elas atribuída maior proporção de tempo.

— A diferença dos tempos de abertura dum sinal, em proveito das diversas correntes, também deve levar em conta a duração normal de cobertura do cruzamento pelos veículos de cada uma delas, assim: quanto mais amplo o vão da interseção, maior deve ser o tempo para a corrente que o atravessa; quando elle não está num plano horizontal, as correntes de subida precisam contar com tempos mais prolongados, que as de descida; e as correntes que enfrentam contingências que retardam seu escoamento em relação ao normal de outras, como sejam as que efetuam curvas para

entrar à direita ou à esquerda num cruzamento, muito mais morosas que o deslocamento franco em linha reta, necessitam de maior tempo de abertura.

— Normalmente, o tempo de transição, correspondente ao acendimento da luz amarela ou da luz vermelha juntamente com o final do tempo verde deve ser de 3 a 5 segundos.

— O tempo de transição (que chamaremos de subtempo de limpeza da faixa de segurança) para o sinal de pedestres precisa ser mais extenso que o correspondente tempo de transição para os veículos, embora devam terminar juntos.

Processos de cálculo para a divisão de um ciclo

A divisão de um ciclo não é um simples problema matemático, requer pesquisa de elementos de raciocínio, que só a observação do tráfego proporciona, requer meditação para compreender as diversas particularidades a considerar no caso em estudo e, finalmente, comporta alguns cálculos. Os cálculos que veremos adiante proporcionam uma repartição racional, mas somente aproximada da necessidade real de cada via. Citamos linhas atrás vários fatores que afetam o estabelecimento de um ciclo e sua divisão, inclusive a necessidade de travessia de pedestres. Por tudo isto após uma seleção inicial da duração do ciclo é sua subdivisão, freqüentes reexames da situação devem ser realizados para alcançar-se melhor rendimento. Daremos a seguir, uma série de indicações e de exemplos, que facilitam a compreensão da questão.

[a] *Estabelecido um ciclo, assegurar um mínimo de verde necessário para cada via e repartir o ciclo garantindo tais mínimos. Reajustar o ciclo, se necessário* — São elementos básicos para o cálculo :

- o ciclo julgado mais adequado ao caso;
- o volume do tráfego durante 15 ou 30 minutos, tomado na hora de pico na direção de tráfego mais intenso, para determinar o número médio de veículos que chegam na interseção, dentro do tempo de cada ciclo;
- o fator 2,5 segundos (16) por veículo e por fila, correspondente ao tempo que medeia entre a passagem da frente de dois veículos consecutivos, pelo mesmo ponto.

A solução reside em aplicar o fator supra de tempo de espaçamento, a cada veículo que por fila entra na interseção, em cada uma das direções

(16) Este fator é chamado em inglês "headway" e preferimos designá-lo como *tempo de espaçamento*.

2,5 segundos é o tempo de espaçamento normalmente aceito no escoamento de fila de automóveis de passageiros. Quando há fatores que alteram a velocidade de escoamento do tráfego no cruzamento considerado, como sejam execução de curvas, existência de morosos veículos de carga ou acíves a serem vencidos, etc., um maior tempo de espaçamento que os 2,5 segundos deve ser tomado.

concorrentes, e assim obter o tempo mínimo de abertura requerido para cada uma delas. Finalmente, desde que a soma dos dois mínimos seja inferior ao do ciclo escolhido, não há um reajustamento obrigatório de ciclo a fazer.

Vejamos um exemplo :

Suponhamos que 50 segundos tenha sido o ciclo escolhido como conveniente à interseção de duas vias A e B; e que a contagem do volume de tráfego da rua A, chegando ao cruzamento durante 15 minutos de hora de pico, acuse 234 veículos.

Um período de 15 minutos, isto é, de 900 segundos, comportará 18 daqueles ciclos de 50 segundos.

Se os 15 minutos comportam 18 ciclos, cada ciclo precisa atender a $234 \div 18 = 13$ veículos.

Se 2,5 segundos é o tempo de espaçamento, haverá para a passagem dos 13 veículos a necessidade de $2,5 \times 13 = 32,5$ segundos, em cada ciclo. Se aqueles veículos não estão numa única fila, evidentemente que a demanda de tempo é menor. Duas filas, por exemplo, para um mesmo volume global, exigiriam 16 segundos. A propósito convém lembrar que nem todas as filas são iguais e que sendo o escoamento de umas mais demorado que o de outras, os cálculos devem ser feitos para a pior delas, isto é, para a *fila crítica*.

Um cálculo semelhante determinaria o mínimo do tempo de abertura necessário para a rua B dentro do mesmo ciclo.

[b] *Estabelecido um ciclo, reparti-lo proporcionalmente às demandas de duas vias que se cruzam.* — Quando, na hora de tráfego mais intenso, os diferentes fatores que afetam o escoamento são praticamente iguais, para as filas críticas de duas vias que se cruzam, a solução para a repartição do ciclo consiste em fazê-la proporcional à demanda do tráfego de cada uma das duas filas críticas. Mas, se durante ainda o período de tráfego mais intenso, o tempo de espaçamento entre os veículos daquelas duas filas críticas for diverso, devido, por exemplo à presença de caminhões e de ônibus só numa delas e não em ambas, o fato exige uma determinada consideração. Procedese então a uma repartição proporcional aos produtos do volume de tráfego de cada fila crítica pelo correspondente tempo de espaçamento de seus veículos no escoamento.

Chamemos de C o ciclo escolhido para a sinalização do cruzamento de duas vias A e B. Trata-se de dividir proporcionalmente às demandas das filas críticas de cada uma daquelas vias a disponibilidade real do tempo de abertura do ciclo considerado. Se chamarmos de t e t' os tempos de transição para as vias A e B, a disponibilidade real dos tempos de abertura será : $C - (t + t')$.

Se os tempos de transição forem iguais, teremos logicamente : $C - 2t$. Se chamarmos de T e T' os tempos de abertura para cada uma

das vias, dentro da disponibilidade $C - (t + t')$, teremos :

$$T' + T'' = C - (t + t') \quad (a)$$

Se chamarmos de V' e V'' os volumes de tráfego das filas críticas das vias A e B, na hora de tráfego mais intenso, uma divisão do tempo disponível de abertura, a êles proporcional, exigirá que :

$$\frac{T'}{T''} = \frac{V'}{V''} \quad (b)$$

Se, finalmente, chamarmos de E' e E'' os tempos de espaçamento entre os veículos de cada uma das filas críticas das vias A e B, respectivamente, a divisão proporcional daqueles tempos de abertura exigirá que :

$$\frac{T'}{T''} = \frac{V' \times E'}{V'' \times E''} \quad (c)$$

Resta então resolver o sistema das equações (a) e (b) ou (a) e (c).

Exemplifiquemos.

Suponhamos:

— que o ciclo C escolhido seja de 50 segundos.

— que o tempo de transição t seja o mesmo para as duas vias A e B e de 4 segundos.

— que os volumes V' e V'' das filas críticas das vias A e B, respectivamente, sejam de 300 e de 190 veículos, na hora de tráfego mais intenso.

— e que os tempos de espaçamento entre os veículos das duas filas sejam iguais.

Substituindo-se os valores supra nas expressões (a) e (b) temos :

$$T' + T'' = 42 \quad (a')$$

$$\frac{T'}{T''} = \frac{300}{190} \quad (b')$$

Tirando o valor de T' em (a') temos:

$$T' = 42 - T''$$

Substituindo êste valor em (b') temos:

$$\frac{42 - T''}{T''} = \frac{300}{190}$$

$$\text{Donde: } 7980 - 190 T'' = 300 T''$$

$$490 T'' = 7980$$

$$T'' = 16 \text{ segundos}$$

aproximadamente.

Substituindo na expressão (a') o valor de T'' , encontramos o valor de T' , isto é: ,

$$T' = 42 - 16 = 26 \text{ segundos.}$$

Se os tempos de espaçamento E' e E'' entre os veículos forem diferentes, suponhamos 3 segundos para a via A e 5 segundos para a via B, teremos :

$$\frac{T'}{T''} = \frac{300 \times 3}{190 \times 5} \quad (c')$$

Tirando o valor de T' , na expressão (a') e substituindo-o em (c'), teremos:

$$\frac{42 - T''}{T''} = \frac{900}{950} \quad \text{Donde:}$$

$$1850 T'' = 42 \times 950$$

$$T'' = 22 \text{ segundos aproximadamente.}$$

T' será, então, de 20 segundos.

[c] *Necessidade dos pedestres* — O atendimento da necessidade dos pedestres atravessarem em segurança exige a observância ao seguinte princípio de ordem geral, na divisão de um ciclo: nenhum tempo de abertura, que comporte uma travessia simultânea de pedestres, deve ser inferior ao tempo que êstes levam, do início da travessia até outro local seguro de destino ou de espera temporária.

Quando o pedestre atravessa concomitantemente com um tempo de abertura de sinal para veículos, que é a solução normal, aquêlo tempo deve, em relação ao pedestre, subdividir-se em dois subtempos:

— um, nunca inferior a 5 segundos, durante o qual os pedestres devem poder iniciar a travessia;

— e outro, que poderíamos chamar o subtempo de limpeza da faixa de segurança, correspondente ao tempo que o pedestre leva do início ao fim da travessia prevista, isto é, a seu término ou até alcançar um local seguro de destino temporário, no caso daquela ter sido decomposta em lanços.

O final do subtempo de limpeza da faixa de segurança superpõe-se ao tempo de transição destinado a permitir aos veículos a liberação do cruzamento como já vimos.

Assim: decidido conceder 5 segundos para os pedestres iniciarem a travessia e se esta fôr estimada em 14 segundos, havendo ainda a previsão de três segundos para o tempo de transição, o tempo de sinal verde correspondente para os veículos deve ser pelo menos de $5 + 14 - 3$, ou sejam 16 segundos.

No cálculo do tempo de que carecem os pedestres para executar a travessia das vias, deve-se considerar que êles cobrem em média 1 m a 1,20 m por segundo.

[d] *Tempo de transição* — Através da luz amarela em seguimento à luz verde ou da superposição da luz vermelha a esta última, o objetivo do tempo de transição é permitir que haja espaço para os veículos que se aproximam pararem em segurança e que aqueles que já iniciaram a travessia tenham tempo de concluí-la, livrando o cruzamento antes que a outra corrente de tráfego comece a deslocar-se. Teoricamente, deve ser suficientemente extenso para permitir a um veículo percorrer o espaço compreendido entre as linhas de parada que enquadram o cruzamento (ver as Figuras 68 ou 70) mais a distância de parada, tudo dentro da velocidade normal. Se o tempo de transição for demasiado longo, gera o desrespeito e deixa de satisfazer a seu objetivo. Na maior parte das interseções de vias nos centros urbanos, 3 segundos são suficientes e recomendáveis.

Tratando-se de vias excepcionalmente largas, 4 ou 5 segundos de tempo de transição são, às vezes, aconselháveis.

Alguns engenheiros de tráfego julgam inconvenientes os tempos de mais de 5 segundos e se tal margem é necessária para permitir a total limpeza do cruzamento, preferem utilizar, em acréscimo aos 5 segundos, um curto período adicional de vermelho em todas as direções. Outros chegam mesmo a aconselhar, para todos os casos, um adicional de 1 a 2 segundos de vermelho em todas as direções.

Na Inglaterra, o Ministro dos Transportes, considerando os inconvenientes das variações de duração do tempo de transição em sucessivos cruzamentos, resolveu padronizá-la em três segundos para todas as novas instalações.

O tempo de transição pode ser calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$t = \frac{L \times 3,278}{V}$$

Na qual:

t é o tempo de transição em segundos;
L é a largura do cruzamento em metros;
V a velocidade dos veículos em km/h.

Esta fórmula permite conhecer o tempo mínimo requerido por um veículo para livrar uma interseção normal de vias que se cruzam em ângulo reto.

Como os veículos não podem ser estancados imediatamente, havendo para cada velocidade uma distância percorrida entre o momento que o motorista vê a indicação de parar e a parada propriamente dita, distância conhecida como *mínima de parada*, é preciso acrescentar a L (largura do cruzamento) o valor desta distância mínima P e a fórmula anterior passa a ser:

$$t = \frac{(L + P) 3,278}{V}$$

[e] *Processo Earl Reeder para determinação da extensão do ciclo e sua divisão.*

Passaremos a expor o processo de Earl Reeder, Diretor de Tráfego e Transporte da Cidade de Miami, Florida, U.S.A. Baseia-se nos volumes de tráfego levantados, no espaçamento observado entre os veículos e em suas velocidades previstas ou observadas. Combina, num ciclo total, os tempos necessários para atender aos movimentos máximos de tráfego nas direções que se cruzam, com o retardo na aceleração do resto quando o sinal muda e com os necessários períodos do tempo de transição.

Consideremos uma interseção simples com a entrada de quatro faixas de tráfego e um ciclo de dois tempos de abertura e utilizemos as seguintes convenções:

C — Número de segundos do ciclo total.

n' — Número dos veículos que entram na interseção, durante quinze minutos de pico, vindos da via e da direção de maior corrente de tráfego.

n'' — Idem para a via menos importante.

E' — Tempo médio de espaçamento entre os veículos, expresso em segundos, quando entram no cruzamento em formação cerrada e correspondente à direção que deu n'.

E'' — Idem em relação aos veículos n''.

A' — Número de segundos do tempo de abertura (verde) para a direção n'.

A'' — Idem para n''.

v' — Velocidade média, em km/h, atingida pelos veículos n', depois de deixarem o cruzamento.

v'' — Idem para os veículos n''.

t' — Número de segundos do tempo de transição correspondente à direção n'.

t'' — Idem para a direção n''.

O total do tempo de abertura (verde) necessário para a passagem de todos os veículos, que se acumularem em T segundos, na direção de n', e com o tempo de espaçamento E', é:

$$\frac{n' E' T}{900} + 0,12 v'$$

no qual 0,12v' é o retardo por segundo na aceleração do resto, na velocidade de 4 km/h.

Então, $A' = 0,0011 n' E' T + 0,12 v'$

Semelhantemente, $A'' = 0,0011 n'' E'' T + 0,12 v''$.

Adicionando estes tempos de abertura e os segundos do tempo de transição, o ciclo mínimo total requerido passa a ser:

$$C = 0,0011 n' E' T + 0,12 v' + t' + 0,0011 n'' E'' T + 0,12 v'' + t''$$

$$\text{Resolvendo : } C = \frac{0,12 (v' + v'') + t' + t''}{1 - 0,0011 (n' E' + n'' E'')}$$

Quando o ciclo total está assim determinado os tempos de abertura para as duas direções (A' e A'') são obtidos por aquelas fórmulas.

Os tempos de abertura devem estar em condições de atender ao máximo de tráfego que ocorrer no período em que se aplica determinado ciclo. Portanto, $n'E'$ e $n''E''$ na fórmula considerada devem ser os valores máximos para cada uma das duas vias que se cruzam, considerados aquele mesmo período.

Os valores de v' e t' devem ser tomados para o tráfego que produz $n'E'$. Semelhantemente, os valores de v'' e t'' devem corresponder a $n''E''$.

Em interseções mais complicadas como, por exemplo, as que comportem 5 ou mais diferentes entradas, três ou mesmo quatro distintos tempos de abertura podem ser necessários no ciclo. A fórmula para o cálculo da extensão do ciclo passa a ter a seguinte constituição para o caso de três tempos distintos de abertura:

$$C = \frac{0,12 (v' + v'' + v''') + t' + t'' + t'''}{1 - 0,0011 (n'E' + n''E'' + n'''E''')}$$

A fórmula básica pode ser modificada para adaptar-se à solução de certas condições especiais existentes em interseções anormais ou complicadas. Assim, por exemplo, se tivermos um tempo para a passagem de pedestre, inteiramente distinto dos de passagem de veículos, êle passa a ser uma das componentes do ciclo e a fórmula tomaria o seguinte aspecto:

$$C = \frac{0,12 (v' + v'') + t' + t'' + S + P}{1 - 0,0011 (n'E' + n''E'')}$$

Onde S é o subtempo em segundos de exposição do letreiro SIGA e P o subtempo de limpeza da faixa de segurança, durante o qual SIGA e PARE ficam concomitantemente acesos para caracterizar a transição de uma para outra ordem.

Como calcular os valores dos elementos que entram nas fórmulas que acabamos de ver?

Os fatores t' , t'' etc., S e P são calculados como vimos anteriormente. Os fatores n' , n'' etc. são obtidos pelas contagens de tráfego correspondentes a períodos de 15 minutos, como já vimos, durante horas de pico de tráfego e de tráfego mais fraco, para saber se devem os sinais ser operados com um mesmo ciclo ou com ciclos diferentes, para melhor se ajustarem às diversas demandas do tráfego diário. Os valores devem ser os máximos em quinze minutos contínuos e sem levar em conta o número de filas.

Os fatores E' , E'' etc. devem corresponder aos deslocamentos de n' e n'' . Em cada caso o observador deve estar estacionado num ponto de onde possa ver os veículos passando por uma linha onde possam entrar na interseção em grupos compactos. Se já tiver sido instalado um sinal luminoso, seu próprio funcionamento será suficiente para soltar os veículos em grupos, os chamados pelotões de tráfego, e o observador pode verificar o número de segundos que são necessários à passagem de

todos os veículos de cada grupo compacto pela mesma linha. O observador anota o número de segundos e o número de veículos correspondente à passagem de cada um dos sucessivos grupos. Se ainda não há sinal, um policial deve controlar o tráfego de forma a soltá-lo, formando grupos compactos de veículos. É importante ter vários veículos em cada grupo.

Exemplifiquemos:

Digamos que haja 10 veículos num grupo compacto, o observador anota de seu ponto de observação o tempo que medeia entre a passagem do primeiro do grupo pela linha que escolheu para referência e a passagem do décimo. Assim procede para diversos e sucessivos grupos, digamos vinte e cinco. Em seguida, soma o total de segundos anotados quando da passagem de cada um daqueles grupos e também o total de veículos menos um de cada grupo, isto porque o número de espaços é um a menos do número de veículos. Finalmente, divide o número total de segundos pelo número total de espaços, para obter o tempo de espaçamento médio em segundos para a direção considerada.

Em tais observações não se leva em conta o número de filas de tráfego. Contam-se todos os veículos que passam num grupo compacto embora possam deslocar-se dois ou três justapostos. Tanto maior o número de filas em uso, tanto menor será o tempo de espaçamento em segundos. Todos os espaçamentos verificados devem ser calculados em períodos de pico de fluxo de tráfego nas direções consideradas, porque é então que a via está sendo utilizada próximo de sua capacidade e o espaçamento é mais curto. Além disso, porque então os grupos serão maiores e as observações mais acuradas.

Os fatores v' , v'' etc. constituem velocidades médias de deslocamento do tráfego nas vias consideradas e devem ser determinados por um dos métodos comuns de verificação das velocidades dos veículos. O valor v deve ser a média de 100 observações, no mínimo. Tais observações devem ser tomadas, num ponto a suficiente distância do cruzamento, para que a velocidade de escoamento do tráfego já não sofra a influência da aceleração ou da desaceleração que ocorre nas interseções.

[6] *Como programar os sistemas coordenados* — A preparação dos programas ou planos horários para um sistema de sinais numa dada via ou itinerário requer determinação:

- do comprimento do ciclo,
- da divisão do ciclo,
- e do escalonamento entre o início do tempo de abertura (verde) nas sucessivas interseções.

O comprimento do ciclo é geralmente organizado de acordo com as demandas na interseção mais freqüentada do sistema. Ao se projetar ou regular um sistema coordenado de dois ou mais sinais, pode-se aplicar na determinação do ciclo mínimo para cada um dos locais sinalizados ou a

sinalizar, o processo de Earl Reeder, visto linhas atrás.

O mais extenso dos ciclos mínimos indicará qual deve ser considerado o ciclo mínimo para o sistema. Num sistema de abertura progressiva flexível sabemos que podem ser feitas diferentes divisões do ciclo escolhido para o sistema. O ciclo C escolhido para o sistema pode apresentar, em relação a vários cruzamentos ao longo do itinerário, um valor superior ao ciclo mínimo para aí requerido, a diferença entre os dois valores corresponderá a uma sobra de segundos, a qual deve ser utilizada seja adicionando-a ao tempo mínimo de abertura de uma das direções, seja aplicando-a parte a favor de uma direção, parte a favor de outra, como se tornar recomendável pela necessidade de acomodação ou de compensação, motivadas pelo espaçamento irregular dos sinais ou pela existência de outras condições.

A divisão do ciclo em cada interseção ou local do sistema deve conformar-se às demandas da via principal versus via secundária transversal e levar em conta as considerações que acabamos de fazer.

Os escalonamentos são decididos de acordo com o que exporemos a seguir.

Tal como já dissemos linhas atrás, após os cálculos iniciais, muitas vezes, tornam-se necessários reajustamentos finais quer quanto à extensão do ciclo escolhido, quer quanto a sua divisão em face das necessidades de cada uma das partes do sistema.

[a] *Sistema de abertura simultânea* — A extensão e a divisão do ciclo são, como vimos, idênticas em quaisquer dos pontos do sistema e são calculadas em função das demandas constatadas numa ou em várias das mais freqüentadas interseções do sistema.

Quando os locais sinalizados são muito afastados uns dos outros, ou quando ocorrem velocidades de escoamento anormalmente baixas, ao longo do itinerário, pode-se verificar um movimento progressivo para os pelotões de tráfego, mas em casos normais não se observa um deslocamento contínuo de um segmento da corrente de tráfego numa velocidade comum. A relação entre velocidade de progressão, extensão do ciclo e o espaçamento entre os sucessivos locais sinalizados é representada pela seguinte fórmula:

$$S = 0,278 v C$$

Em que: S é o espaçamento em metros entre os locais sinalizados.

v é a velocidade em km/h.

C é a extensão do ciclo em segundos.

[b] *Sistema de abertura alternada* — A relação básica entre a extensão do ciclo, a velocidade de tráfego e o espaçamento entre os locais sinalizados num sistema simples de abertura alternada, é:

$$S = 0,139 v C$$

Em que:

S é o espaçamento em metros entre os locais sinalizados.

v é a velocidade em km/h.

C é a extensão do ciclo em segundos.

A Fig. 73 (organizada de acordo com um gráfico para pés e milhas por hora, feito pela Divisão de Iluminação da "General Electric Company") ilustra aquela relação.

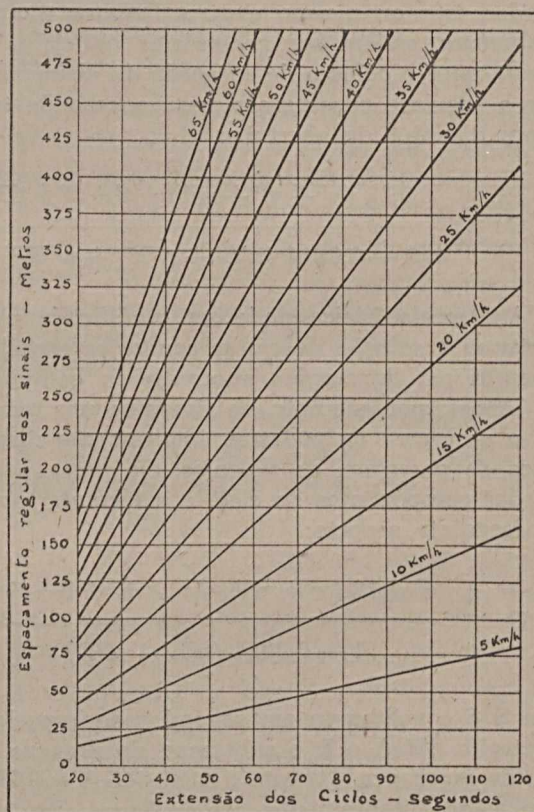


Fig. 73 — Representação gráfica da inter-relação entre o espaçamento dos sinais, a extensão do ciclo e a velocidade de escoamento do tráfego num isolado sistema de abertura alternada.

Segmentos de corrente contínua de tráfego, num sistema simples alternado, corresponderão à velocidade v da fórmula supra. E também um tal sistema possui um segundo arranjo de segmentos de corrente contínua a uma velocidade de um terço de v. Em circunstâncias anormais, é possível a utilização dessa disponibilidade secundária, com o mesmo fim de obter segmentos, de corrente contínua de tráfego.

[c] *Sistema de abertura progressiva* — Num sistema de abertura progressiva, os escalonamentos dos tempos de abertura não têm correlação com a extensão do ciclo, como acontece nos sistemas de abertura simultânea ou de abertura alternada, por isto para ele não existe nenhuma fórmula inter-relacionando velocidade, espaçamento e extensão do ciclo. Para proporcionar o melhor segmento possível de corrente contínua de tráfego (velocidade e tamanho) dentro de qualquer dada

extensão de ciclo, os escalonamentos dos tempos de abertura são determinados por um processo de tentativa ou matematicamente.

O fato de que os escalonamentos podem ser organizados com quaisquer valores, em vez de se confinarem às extensões completas de ciclo ou de metade de ciclo, como nos dois sistemas anteriores, possibilita uma maior amplitude quanto à possibilidade de produção de segmentos de corrente contínua de tráfego para qualquer dada organização de espaçamento dos sinais.

Pode haver mais do que um ótimo arranjo para os escalonamentos destinados a tornar o fluxo o mais progressivo possível, para uma mesma situação de espaçamento dos sinais, tendo em vista uma determinada limitação de velocidade e para uma mesma extensão de ciclo.

Como já vimos, quando o sistema de abertura progressiva fôr do tipo flexível, é possível automaticamente montar e operar em diversas ocasiões do dia seus diferentes planos horários, nos quais as extensões e as divisões dos ciclos para cada interseção podem ser independentemente alteradas de acordo com a previsão estabelecida para melhor e regularmente ajustar-se às reconhecidas mudanças dos padrões de fluxo do tráfego diário.

O arranjo mais comum e necessário para as principais vias do sistema urbano é o que possibilita três distintos planos horários, cada um deles com as seguintes finalidades:

— favorecer o fluxo do tráfego que ocorre ao Centro ou Distrito comercial, por ocasião do pico matutino;

— proporcionar igual vantagem a ambas as direções, fora das horas de pico de tráfego;

— favorecer o fluxo do tráfego de retorno do Centro, no período de pico da tarde.

E' mais fácil organizar o primeiro e o último dos planos horários supra, que o do meio, porque se estabelecem os escalonamentos de modo a favorecer ao sentido desejado, deixando que os do outro sentido venham em consequência, enquanto que, para proporcionar igual vantagem a ambos os sentidos, é preciso tentar diferentes combinações de escalonamento para gerar segmentos de corrente contínua de tráfego nos dois sentidos, com escoamento aproximadamente igual (velocidade e tamanhos iguais).

Normalmente a extensão do ciclo mínimo é determinada na base das demandas de uma ou duas divisões de ciclo das interseções mais frequentadas e depois os diferentes programas de escalonamento ou planos horários são tentados, traçando-se Diagramas de Tempo e Distância até encontrar-se um que proporcione adequados segmentos de corrente contínua de tráfego.

A Figura 74 exemplifica um desses diagramas.

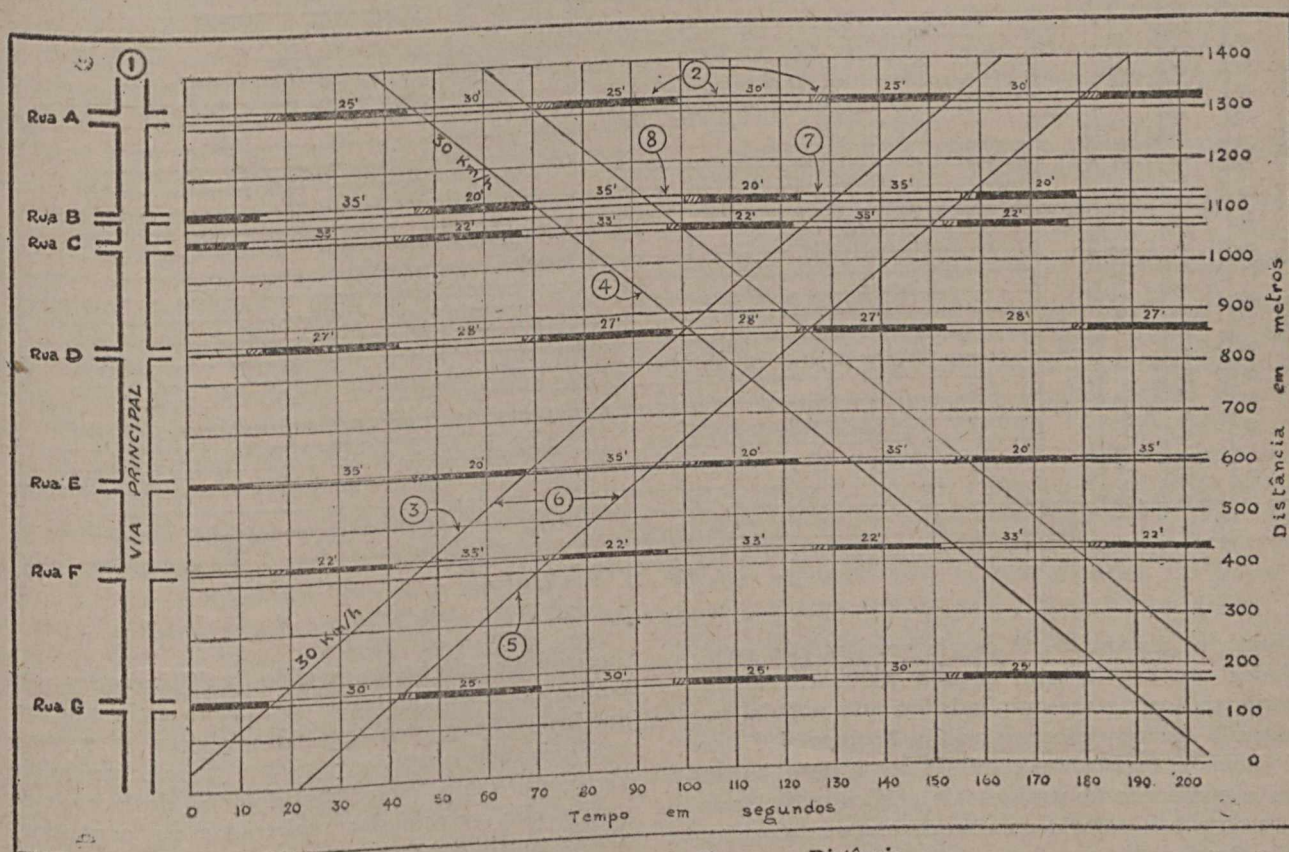


Fig. 74 — Diagrama de Tempo e Distância

(1) Esquema da Via principal ou do Itinerário, figurando os cruzamentos de acordo com a escala das distâncias.

(2) Para a via principal os espaços em branco representam os tempos de abertura (verde), os espaços pretos

representam os tempos de fechamento (vermelho) e os espaços hachurados correspondem aos tempos de transição (amarelo ou equivalente).

(3) A inclinação desta linha indica a velocidade de deslocamento do segmento de corrente contínua de tráfego

que o sistema proporciona, e representa o primeiro veículo desse segmento ou pelotão de tráfego indo do cruzamento da rua G para o da rua A.

(4) Análogamente à explicação dada no número (3) anterior a linha representa o primeiro veículo em deslocamento progressivo em sentido inverso àquele.

(5) Esta linha marca o limite do segmento de corrente contínua de tráfego que o arranjo exposto no diagrama para o sistema é capaz de proporcionar.

(6) Este espaço entre as linhas 3 e 5, indica na escala do tempo a amplitude em segundos do possível segmento de corrente contínua de tráfego. Como a figura deixa perceber, para determinados trechos do percurso e conforme o sentido do deslocamento, esta amplitude poderia variar, bem como a inclinação da linha indicadora da velocidade, desde que se ligasse o início do tempo de abertura de dois sinais consecutivos, mas não seria para um mesmo segmento de corrente contínua de tráfego, desejado no sistema progressivo.

(7) Este espaço corresponde ao que se chama *verde antecipado* porque o tempo de abertura surge na via principal antes que o primeiro veículo do segmento contínuo, deslocando-se na velocidade prevista, atinja o cruzamento.

(8) Este espaço corresponde ao que se chama *verde restante* porque permanece o tempo de abertura após o escoamento daquele segmento.

Processo de Douglas A. Bowers — de determinação matemática do plano horário para os sistemas progressivos. (17)

Este processo é útil na determinação do programa de escalonamento para condições iguais de velocidade e de tamanho dos segmentos das correntes de tráfego para ambos os sentidos. Sua vantagem sobre o processo tentativo, que atrás indicamos, é proporcionar saber-se se foi encontrada a melhor solução, certeza que o processo tentativo não assegura.

O problema de organizar um programa para produzir fluxo progressivo de tráfego em dois sentidos não é uma questão de simples matemática, porque a desuniformidade do tamanho dos quarteirões não permite encontrar uma fórmula matemática que satisfaça plena e completamente. O processo que passamos a expor tem a pretensão de ser matemático, mas mesmo ele não exclui um pouco de tentativa na obtenção da solução, como veremos.

O processo baseia-se na preparação e utilização de um gráfico mestre que reduz de muito o trabalho de sucessivas tentativas e possibilita a escolha direta da melhor solução.

O gráfico mestre (ver a Fig. 75) é essencialmente constituído de um sistema de coordenadas sobre o qual se registram as linhas correspondentes a cada sucessivo meio ciclo a partir do ponto

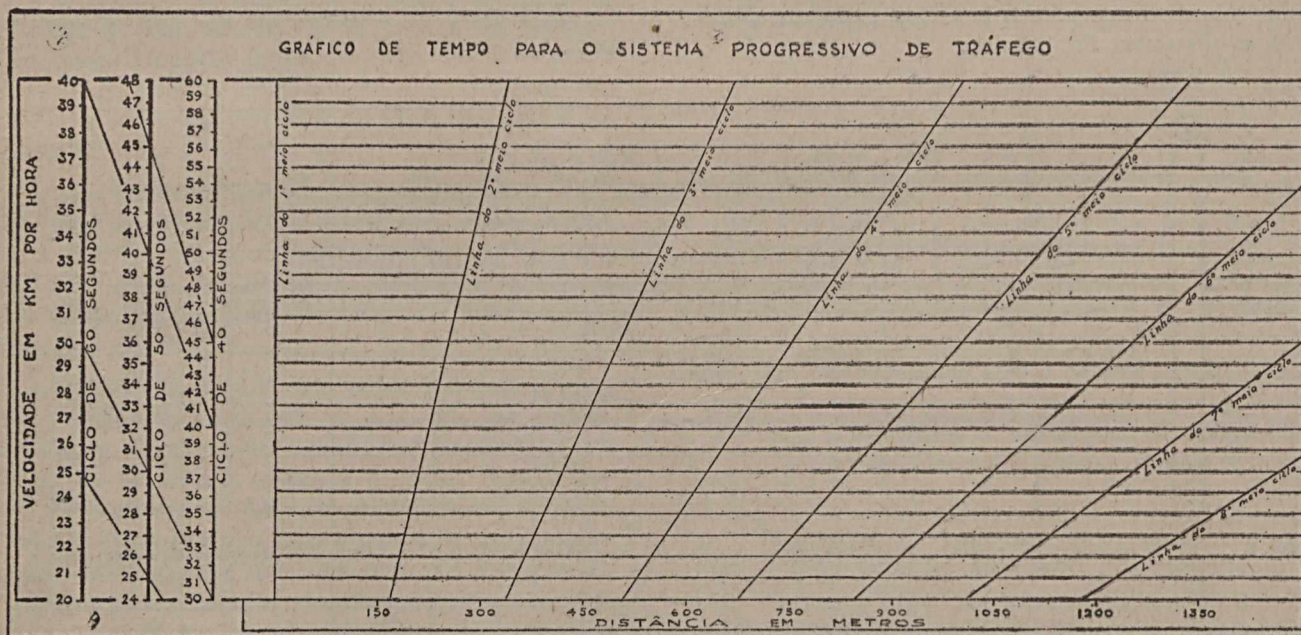


Fig. 75

origem das distâncias. A escala vertical, das velocidades em km/h está traçada para três ciclos diferentes e pode ser ampliada ou interpolada, registrando outros ciclos. A escala horizontal é das distâncias em metros e também serve de gabarito para a confecção de uma escala gráfica móvel, que represente o itinerário com as diversas interseções a ser atendido pelo sistema, de que falaremos mais adiante (ver Fig. 76). Na Fig. 76 as paralelas

horizontais referem-se ao ciclo de 50 segundos. As linhas correspondentes a cada meio ciclo são formadas pelos pontos que materializam as sucessivas posições ocupadas por um veículo, no início de cada meio ciclo considerado, deslocando-se numa das velocidades registradas na correspondente escala vertical, a partir da origem das distâncias. Para uma melhor compreensão vamos exemplificar: Consideremos a horizontal do pé do gráfico, sobre ela a distância entre cada linha de meio ciclo é de 166,67 m, correspondente ao percurso durante 30 segundos (metade do ciclo de 60) a uma velocidade de 20 km/h, ou durante

(17) *Progressive timing for traffic signals* por DOUGLAS A. BOWERS — 1947 *Proceedings*, Institute of Traffic Engineers.

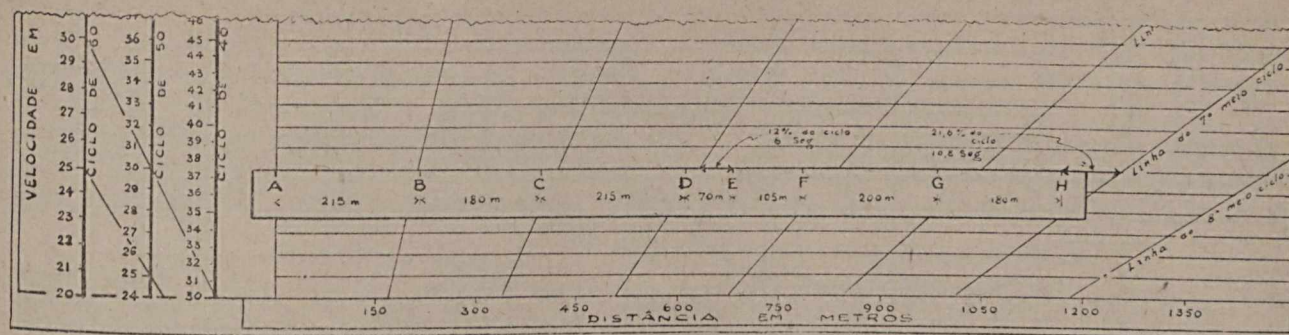


Fig. 76

25 segundos (metade do ciclo de 50) a uma velocidade de 24 km/h, ou ainda durante 20 segundos (metade do ciclo de 40) a uma velocidade de 30 km/h.

Para atender concomitantemente à progressividade dos fluxos nos dois sentidos opostos ao longo de um itinerário ou via, a localização ideal para os sucessivos sinais de tráfego é a que correspondesse a intervalos iguais à distância percorrida durante meio ciclo, na velocidade selecionada. Estas localizações ideais correspondem, no gráfico mestre, aos pontos de interseção de uma linha horizontal (representativa de dada velocidade e ciclo) com as sucessivas linhas de meio ciclo. Se registrarmos, numa escala gráfica móvel, as distâncias entre os locais a sinalizar ao longo do itinerário em estudo e aplicarmos tal escala em correspondência com aquela linha horizontal, o afastamento de cada um destes locais das interseções supra referidas (da linha horizontal com as linhas de meio ciclo) caracteriza o grau de desvio da condição ideal em cada lugar.

Exemplifiquemos. Na Fig. 76 observamos a superposição de uma escala gráfica, organizada de acordo com a mesma proporção da escala do gráfico mestre e referente a uma via cujos diferentes cruzamentos são A, B, C, D, E, F, G e H. A escala está aplicada em coincidência com a horizontal correspondente à velocidade de 30 km/h e ao ciclo de 50 segundos, coincidindo uma das extremidades da série do sistema, no caso o cruzamento A, com o início do primeiro meio ciclo.

Quando se procura a melhor solução, desloca-se, no sentido vertical, aquela escala gráfica, de modo que sua extremidade, no caso a marcação A, coincida permanentemente com a linha do primeiro meio ciclo. A Figura 76 está justamente mostrando uma posição daquele deslocamento.

Trata-se de avaliar o *desvio* da solução ideal, a que nos referimos linhas atrás. O meio da distância entre duas linhas consecutivas de meio ciclo marca precisamente o desvio máximo para a esquerda ou para a direita, por isto raciocina-se sempre em relação ao maior desvio compreendido dentro de um quarto de ciclo. No caso da Fig. 76, o maior desvio com relação à linha de meio ciclo que fique à direita refere-se ao cruzamento H. O maior desvio em relação a uma das linhas de meio ciclo à esquerda de cada um dos cruzamentos

figurados na escala gráfica corresponde a E. Como os desvios de H e E não são iguais e aquele é maior, podemos deslizar a escala gráfica para a direita, de modo a igualar os dois afastamentos (ver Fig. 77).

O desvio inicial de E corresponde a 6 segundos ou sejam 12% do ciclo. O desvio inicial de H corresponde a 10,8 segundos, ou sejam 21,6% do ciclo. Feita a compensação na Fig. 77 o desvio reduz-se a 8,4 segundos, ou sejam a 16,8% do ciclo.

O intervalo de tempo entre as linhas correspondentes às testas dos segmentos de correntes contínuas de tráfego de sentidos opostos é o dos desvios notados no gráfico. Os maiores desvios indicam que aí menor será o segmento da corrente contínua, em outras palavras, são eles os pontos críticos de qualquer série. No exemplo de que estamos tratando, E e H apresentam-se como os pontos críticos.

O intervalo de tempo entre as testas dos segmentos de tráfego de sentidos opostos em E e H é de 16,8 segundos e se o tempo de abertura for de (25 segundos) meio ciclo, o segmento máximo de progressão uniforme será de 25-16,8 segundos, ou sejam 8,2 segundos.

O intervalo de tempo disponível para a passagem de um segmento de tráfego contínuo é o mesmo, quer considerando aqueles desvios iniciais achados para E e H na Fig. 76, quer depois de encontrar uma posição em que ambos tenham valores iguais (Fig. 77), porque o valor da soma dos dois desvios conserva-se inalterável. Por isso podemos achar a solução de disponibilidade do maior segmento de corrente contínua de tráfego, sem deslocamentos horizontais da escala gráfica e sem a construção de Diagramas de Tempo e Distância como o da Fig. 76.

O processo enfim se resume em encontrar através da superposição da escala gráfica (esquema da via ou do itinerário a resolver) sobre o gráfico mestre, segundo suas inúmeras linhas horizontais traçadas ou imaginárias, a indicação de uma solução favorável de escolha da velocidade e do ciclo mais convenientes. Pela explicação que acabamos de dar verifica-se que o deslizamento vertical da escala gráfica sobre o Gráfico mestre permite uma análise para escolha direta da solução mais favorável.

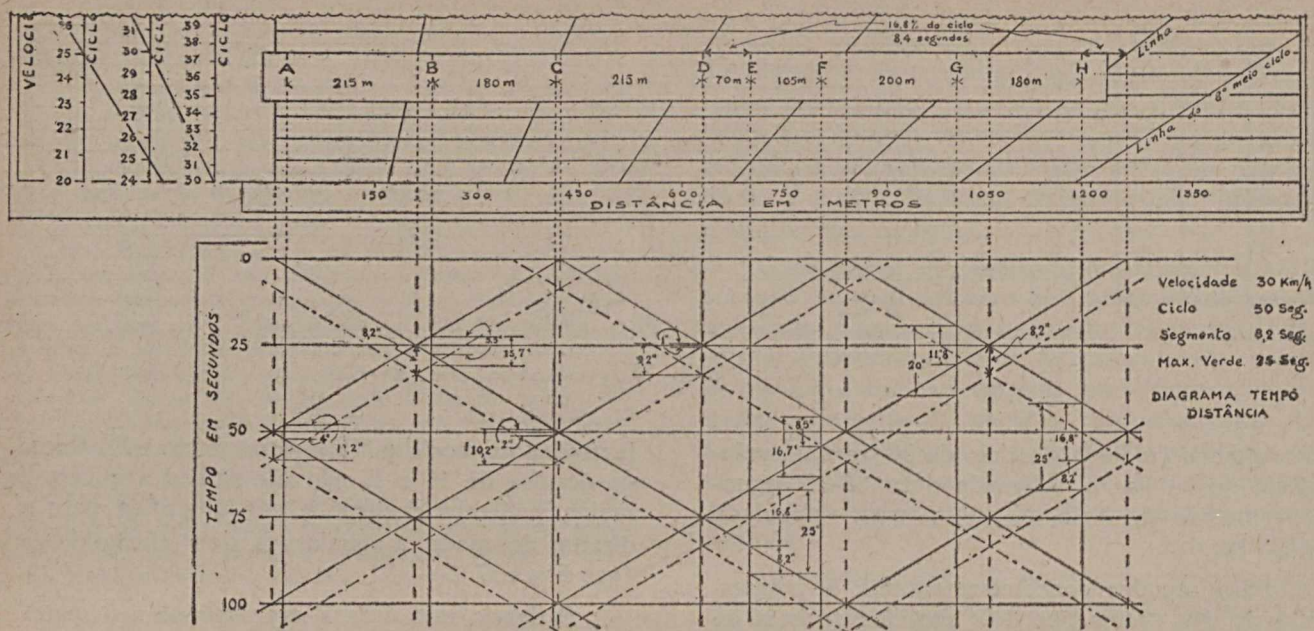


Fig. 77

Voltemos à Fig. 76. Vimos que E e H revelaram-se os pontos críticos, isto é, os pontos de maiores desvios para a esquerda e para a direita. E' o que comumente acontece. No gráfico mestre, cada subsequente linha de meio ciclo, à direita é mais inclinada que a anterior, isto é, à esquerda dela. Por isso, quando a escala gráfica (correspondente ao esquema da via ou itinerário do sistema em estudo) é movida para cima ou para baixo, alteram-se os valores dos maiores desvios. Na Fig. 76, H está mais distante da linha de meio ciclo à direita que E da linha a sua esquerda. E' fácil concluir que descendo a escala gráfica, reduz-se o desvio de H mais do que se aumenta o desvio de E, e pode-se chegar a uma posição em que os dois desvios se igualam. Continua-se a descer a escala gráfica e a observar o que se vai passando em relação aos desvios dos pontos que deixam as linhas de meio ciclo à direita, como H. Se numa determinada posição da escala gráfica o desvio de H ficar igual a um dos outros pontos, inicialmente de menor desvio, mas também em relação à direita, este último tomará a posição de crítico e passasse a observá-lo da mesma maneira que estávamos

fazendo em relação a H. Se, ao contrário, aqueles outros pontos forem passando pelo desvio zero e, em seguida, para a posição de desvio em relação à esquerda, esta nova situação deixa de importar, porque estes desvios estão cobertos pelo desvio de E (que é à esquerda) e que está aumentando à proporção que a escala gráfica está descendo.

Prossegue-se até que o primeiro ponto crítico, no caso H, ou outro que o tenha substituído, atinja a posição de desvio zero, isto é, de coincidência de seu ponto na escala gráfica com a linha de meio ciclo, à qual seus desvios se referiam. Nessa altura, o desvio de E, que vinha aumentando sucessivamente, representa a soma dos desvios máximos: à esquerda, que é o dele próprio, e à direita que é zero, uma vez que todos os outros passaram para posição à esquerda. E' evidente que se prosseguíssemos, no movimento descendente da escala gráfica, o desvio de E continuaria a crescer. Aquela posição marca então uma solução ótima, porque as posições anteriores e posteriores são piores.

Na Fig. 78 observamos que constituem combinações ótimas: um ciclo de 50 segundos e uma

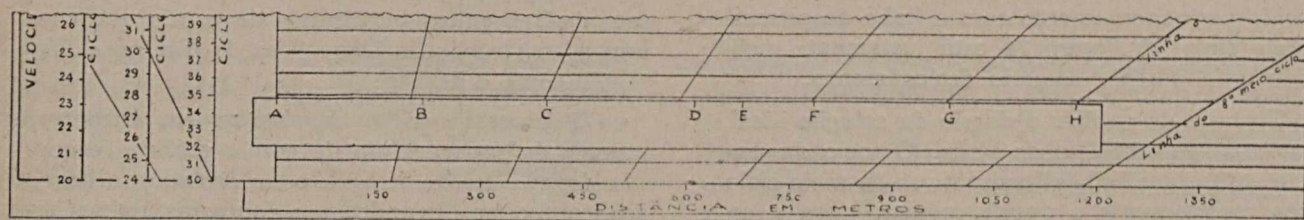


Fig. 78

velocidade de 27,8 km/h, ou um ciclo de 60 segundos e uma velocidade de 23,3 km/h ou ainda um ciclo de 40 segundos e uma velocidade de 34,85 km/h.

Naquela posição ótima, o desvio para o ponto que estava com o maior afastamento à direita tornou-se zero. O desvio em relação ao ponto A manteve-se em zero por causa da coincidência que

se lhe assegurou no deslocamento para baixo, com a linha do primeiro meio ciclo. Considerando ambos os desvios zero como sendo para a direita do local do sinal, pode-se dizer que, na posição ótima, há três locais críticos, os dois externos sendo do mesmo tipo (direita ou esquerda) e iguais um ao outro, sendo o central do tipo oposto.

Com uma única velocidade e tráfego progressivo nos dois sentidos o princípio é sempre verdadeiro para uma posição ótima que seja encontrada no gráfico mestre.

Depois de deslizarmos a escala gráfica para a esquerda de uma distância igual à metade do desvio de E, como mostra a Fig. 79, os desvios

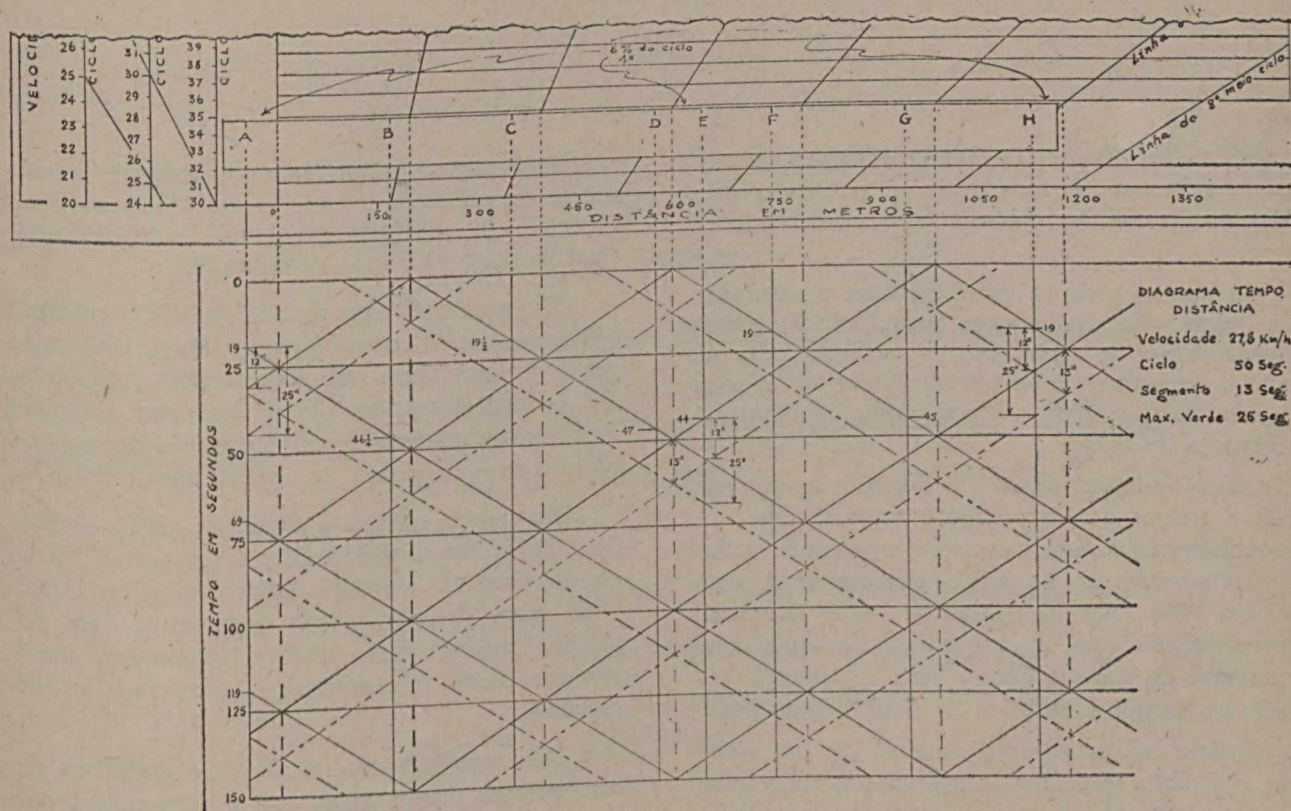


Fig. 79

em A, E e H são iguais e torna-se mais evidente que os desvios de valor zero correspondiam a pontos críticos.

Da mesma maneira como ilustrado na Fig. 76, nada mais fácil então que traçar um Diagrama

Tempo e Distância diretamente do gráfico mestre, sem a necessidade de cálculos.

(Conclui no próximo número a parte de "Direção e Contrôlo do Tráfego — Regras, Sinalização e Polícia").