

A SINCRONIZAÇÃO DO AMARELO EM CRUZAMENTOS PRÓXIMOS

Luiz Ernesto de Azeredo *

É inquestionável a importância do sinal amarelo do semáforo.

Ele é fundamental para prover segurança aos usuários na passagem do sinal verde para o sinal vermelho.

Segundo o CTB - Código de Trânsito Brasileiro, a cor amarela indica “atenção”, devendo o condutor parar o veículo, salvo se isto resultar em situação de perigo.

No entanto, uma seqüência de semáforos que apresentam falta de sincronismo pode induzir os motoristas a cometerem várias infrações de trânsito.

Quando os semáforos estão afastados mais de 100 metros, a descoordenação semafórica apesar de ruim, desconfortável e geradora de atrasos e riscos - não é tão problemática quando comparada a uma que ocorre em semáforos muito próximos, principalmente quando situados a menos de 60 metros (quanto mais próximos, mais problemático fica).

No presente artigo veremos um “sincronismo às avessas” - o momento no qual os semáforos de dois cruzamentos adjacentes e muito próximos “entram” no amarelo.

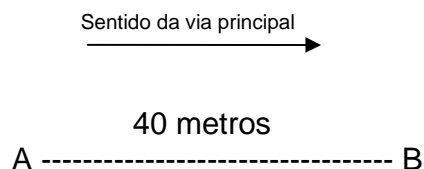
Tomaremos conhecimento de três exemplos de alterações em programações semafóricas em Campinas-SP que melhoraram significativamente a fluidez e segurança aos usuários.

Nos exemplos apresentados temos um controlador de semáforo comandando dois cruzamentos.

Veremos que a programação semafórica pode ser utilizada tanto em vias de mão única tanto quanto em vias com dois sentidos de tráfego.

Antes de tudo vejamos uma representação genérica de dois cruzamentos:

Imagine que A é um cruzamento semaforizado e a poucos metros à frente temos outro cruzamento semaforizado B.



Para o motorista que prossegue na via principal no sentido de A para B, os semáforos podem “fechar” de três modos:

1. O semáforo A fecha antes que B.
2. Os semáforos A e B fecham simultaneamente.
3. O semáforo A fecha depois que B.

A situação 1 é a recomendada, pois quem passa em A passa em B - e isso é geralmente o que os motoristas mais esperam que ocorra.

A situação 2 quando existente em cruzamentos que distam menos de 60 metros pode ser o principal motivo do elevado número de desrespeito ao vermelho na segunda aproximação semaforizada e também de freadas bruscas com alta possibilidade de acidentes.

Deve-se evitar programações semafóricas que resultem nesta situação principalmente quando uma ou mais das situações abaixo se apresentam:

- o fluxo veicular é intenso;
- a velocidade praticada é acima de 50 km/h;
- a declividade da via é acentuada;
- tráfego de veículos de grande porte.

Salvo casos particulares, a situação 3 não deve ocorrer, pois, normalmente é uma armadilha aos usuários.

Geralmente é resultante de erro que o profissional cometeu ao elaborar a programação do semáforo ou ao realizar uma alteração semafórica equivocadamente.

Para que possamos fazer o fechamento diferenciado entre os cruzamentos A e B (situação1) há a necessidade que os grupos focais de cada cruzamento sejam acionados de forma independente - o que implica a necessidade de fases semafóricas diferenciadas para cada aproximação.

Nos exemplos a seguir veremos como programar um semáforo de forma que ocorra a situação 1, ou seja, o semáforo anterior “fecha” antes do semáforo seguinte.

TRÊS EXEMPLOS EM CAMPINAS-SP

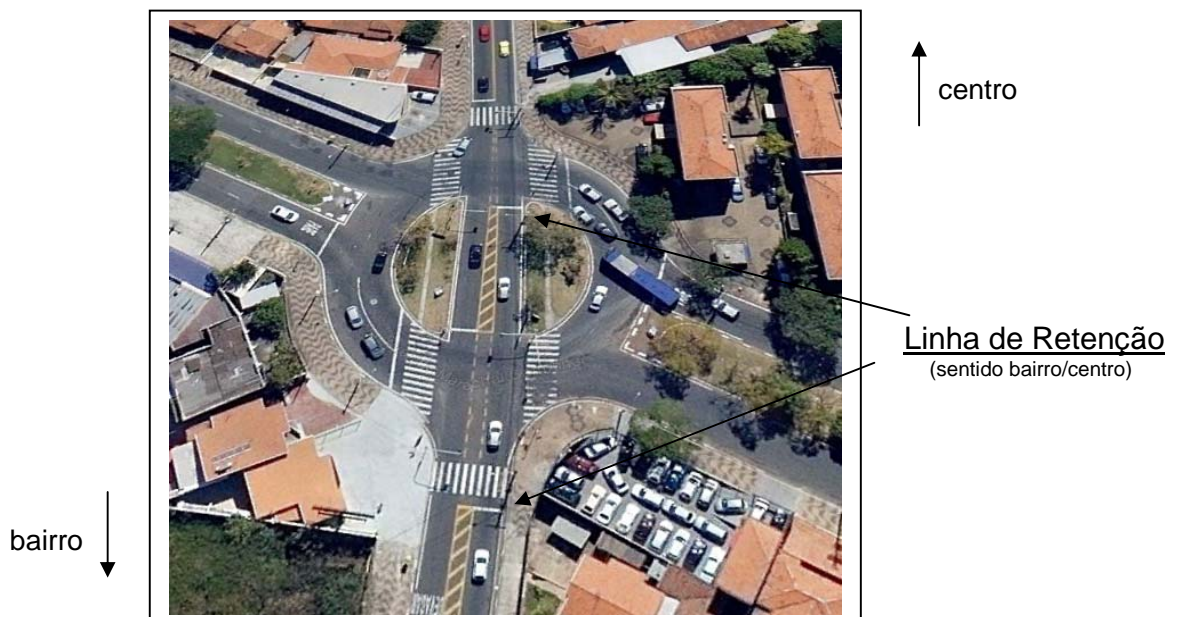
Neste texto são apresentados três locais que utilizam controladores TESC modelos Flex-III A ou Flex-III 188-8F e que controlam dois cruzamentos próximos.

Esses controladores oferecem a possibilidade de se fazer a programação semafórica utilizando-se o conceito de intervalo, estrutura que permite programar os estágios ao passo de 1 segundo se necessário.

As alterações nas programações semafóricas dos locais apresentados foram motivadas em razão de apontamentos de usuários que reclamavam do sinal amarelo simultâneo no eixo principal dos cruzamentos.

EXEMPLO 1 **Av. Washington Luís x Av. Mal. Carmona**

Av. Washington Luís (eixo vertical) com dois sentidos de tráfego.



Fonte: GOOGLE EARTH

Embora a análise seja idêntica para os dois sentidos, nas fotos a seguir visualizaremos o deslocamento dos veículos no bairro-centro.

Trecho em aclave e velocidade regulamentada = 50 km/h.

1^a.Linha de retenção até 2^a linha de retenção = 48 metros. * (medições no local)

1^a.Linha de retenção até passar 2^o. cruzamento = 62 metros.

* *Linha de retenção (LRE) - indica ao condutor o local limite em que deve parar o veículo. Deve ser utilizada em todas as aproximações de intersecções semaforizadas.*

Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Sinalização Horizontal - Volume IV pg. 38

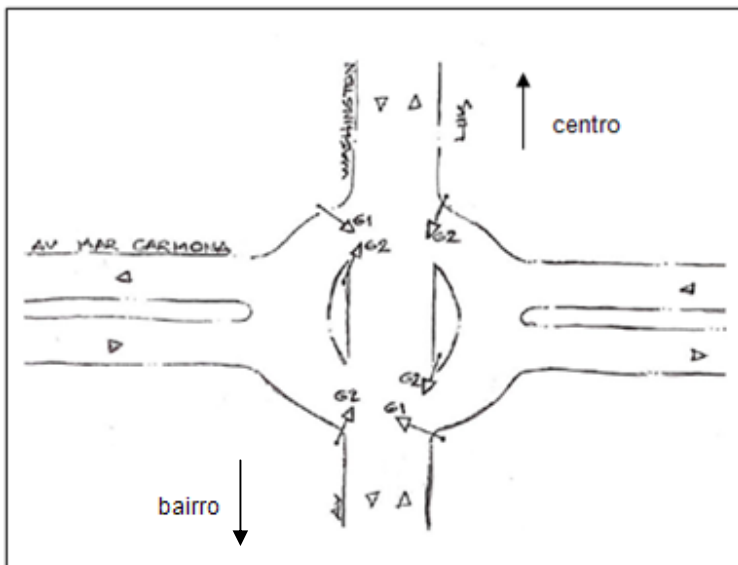
Neste cruzamento, vale observar como era a configuração das fases do cruzamento quando se utilizava um controlador eletromecânico.

No croqui original abaixo vemos as fases semaforicas em ambas as aproximações do eixo da Av. Washington Luís identificadas como G2 (na transversal Mal. Carmona era G1).

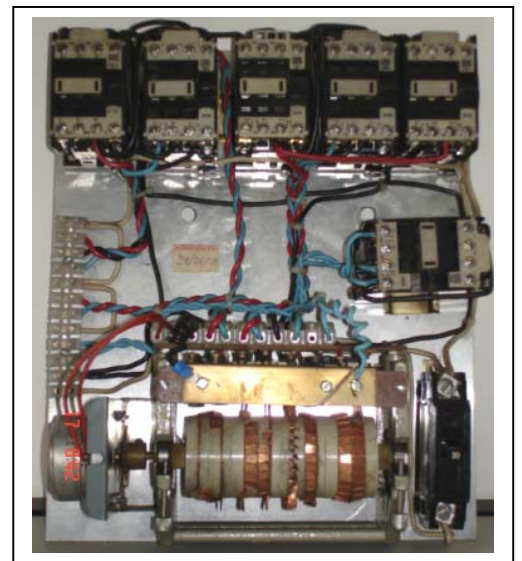
Isto significa que tanto a primeira como a segunda aproximação semaforica da Av. Washington Luís sempre mostravam a mesma indicação luminosa.

Assim, quando o sinal passava do verde para o amarelo na primeira aproximação da Av. Washington Luís, o mesmo ocorria na segunda aproximação semaforizada desta via.

Fases semaforicas G1 e G2 até 24/05/98 em controlador eletromecânico.



Croqui 1



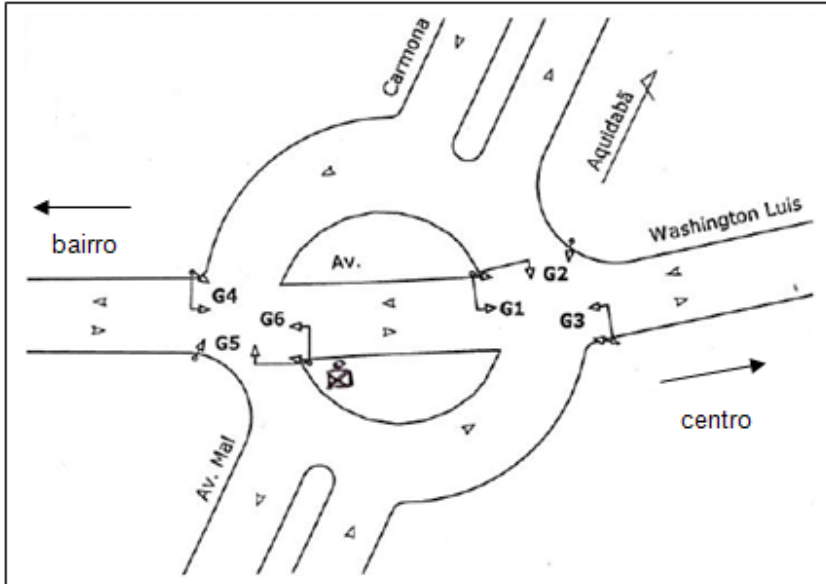
Exemplo de Controlador Eletromecânico

Em razão desse modo de funcionamento do semáforo, ocorriam as seguintes situações:

- Muitos motoristas ao perceberem o amarelo no primeiro semáforo aceleravam para tentar passar no segundo (principalmente no sentido em declive).
- Alguns motoristas que passavam no amarelo no primeiro semáforo acabavam passando no vermelho no segundo.
- No sentido centro-bairro (em declive) ocorrência de freadas bruscas entre os semáforos.

Em 1998, após alguns anos do início do processo de substituição dos controladores eletromecânicos por eletrônicos na cidade de Campinas, este cruzamento foi contemplado com esta mudança.
Vemos abaixo como ficou a estrutura das fases semaforicas no local com a implantação do controlador eletrônico.

Av. Washington Luís x Av. Mal. Carmona



Croqui 2



Controlador Eletrônico
TESC Flex III 188-8F

Obs. Para efeito de visualização e melhor entendimento, na foto Google Earth, a Av. Washington Luís foi posicionada no eixo vertical – e esta é a tomada das fotos a seguir. No entanto o croqui 2 da referida avenida está sendo representada na posição horizontal de acordo com desenhos da programação semaforica atual.
O deslocamento veicular analisado acima é visualizado portanto da esquerda para a direita (G6 - G3)

Como vemos no croqui acima, cada grupo focal em ambas as aproximações foram identificados de modo independentes nas fases (G1 G3 G4 e G6).

Desta forma, agora seria possível haver uma "limpeza de caixa" no eixo da Av. Washington Luís, ou seja, a segunda aproximação entrando no amarelo (G3), depois de alguns segundos disso ocorrer na primeira aproximação semaforizada (G6).

No entanto nada disso ocorreu, pois a estrutura da programação semaforica implantada seguiu do mesmo modo como estava quando o controlador eletromecânico estava instalado.

G6, G3(ative) e G1,G4(declive) sempre sinalizavam do mesmo modo - ou seja, ambas as aproximações fechando simultaneamente no eixo da Av. Washington Luís.

Isto mostra que nem sempre a implantação de inovações tecnológicas promovem melhorias significativas, pois, continuam-se utilizando os mesmos conceitos anteriores (veja o amarelo na programação antes de 15/06/07 – página seguinte).

Mesmo com a tecnologia é essencial a interferência de profissionais que saibam e queiram implementar mudanças de melhoria.

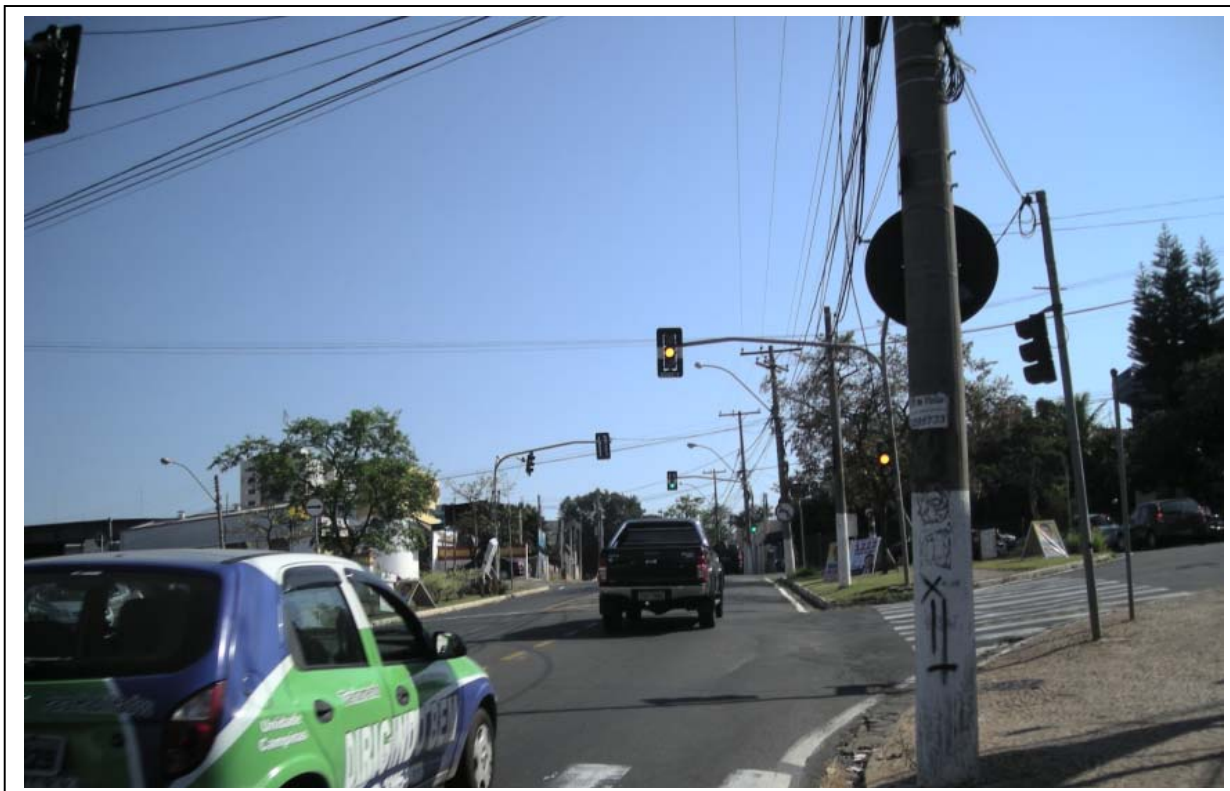
Dessa forma, não devemos nos iludir com locais equipados com os mais modernos sistemas ou equipamentos até termos evidências de que realmente operam de modo eficaz.

Fechamento verde/amarelo/vermelho no eixo da Av. Washington Luís (nos dois sentidos) - após 15/06/07
Sequência de fotos tiradas no dia 17/09/14 - sentido bairro-centro fases G6 - G3- trecho em aclive. (48 m)



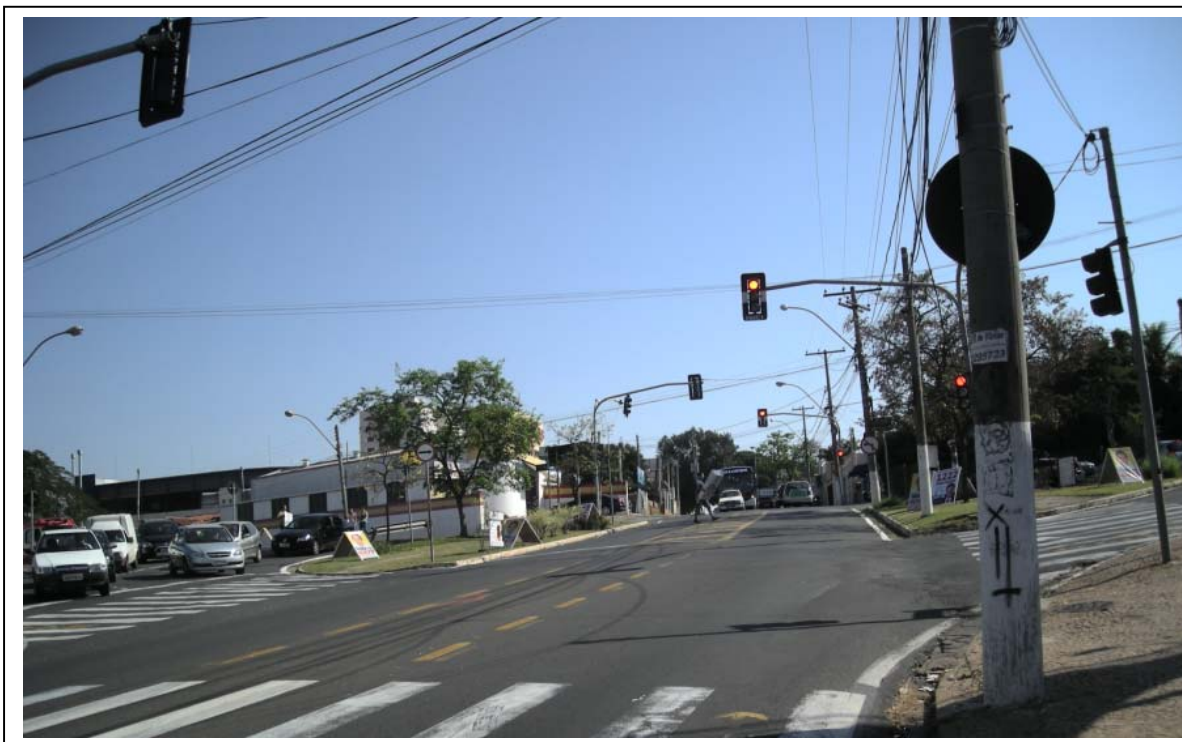
Primeira aproximação: verde

Segunda aproximação: verde



A primeira aproximação (G6) sinaliza o amarelo antes da segunda aproximação (G3).

Quando a primeira aproximação “entra” no vermelho, a segunda aproximação entra no amarelo, fazendo assim a limpeza de caixa.



Com a limpeza de caixa não ficam veículos entre os cruzamentos. Isto também favorece os que estão na via transversal e pretendem virar à esquerda, pois terão espaço. Note pedestre realizando a travessia - neste momento, pela posição do pedestre na via e analisando a imagem anterior, tudo indica que o verde da transversal recém abriu.



Note que o pedestre (carregando cartazes) conseguiu realizar a travessia (ponto acima carro cinza)

No caso apresentado, no fechamento entre os semáforos ocorre um efeito visual importante, pois pela distância entre os cruzamentos, o motorista percebe que se passou no amarelo na primeira aproximação, ele conseguirá tranquilamente passar na segunda aproximação, pois esta última fechará depois da primeira e não simultaneamente.

Um dos benefícios diretos da programação com “limpeza de caixa” é que ela facilita a travessia dos pedestres quando o cruzamento não tem focos semafóricos para estes, pois um dos sentidos de tráfego começa a parar antes e desta forma o pedestre passa a se preocupar apenas com o outro sentido (ainda assim é necessária muita atenção e olhar para os dois lados – e não pensar que o trânsito está parado nos dois sentidos).

Obs. Na implantação da programação semafórica de 15/06/07 e nos acompanhamentos posteriores foi observado que mesmo “fechando a primeira aproximação” G6 e a segunda aproximação do sentido contrário ainda estar aberto G4, ou seja a princípio o pedestre só poderia atravessar “metade da via” isso não gerou confusão - sem grupo focal para os pedestres, o constatado foi que o pedestre olha para os lados para fazer a travessia.

* Sempre que houver uma mudança na programação semafórica ou implantação de novo semáforo é fundamental um acompanhamento do que passa a ocorrer no local. Muitas vezes uma observação é o que precisamos para melhorarmos as condições de trânsito.

EXEMPLO 2. Rua Piracicaba x Rua Luís Marcelino Guernelli
 Visão Rua Piracicaba (eixo vertical) no sentido centro-bairro



Fonte: GOOGLE EARTH

Para efeito de análise o deslocamento dos veículos é sentido centro-bairro.

Trecho em declive na 1ª aproximação. Velocidade máx.= 60 km/h.

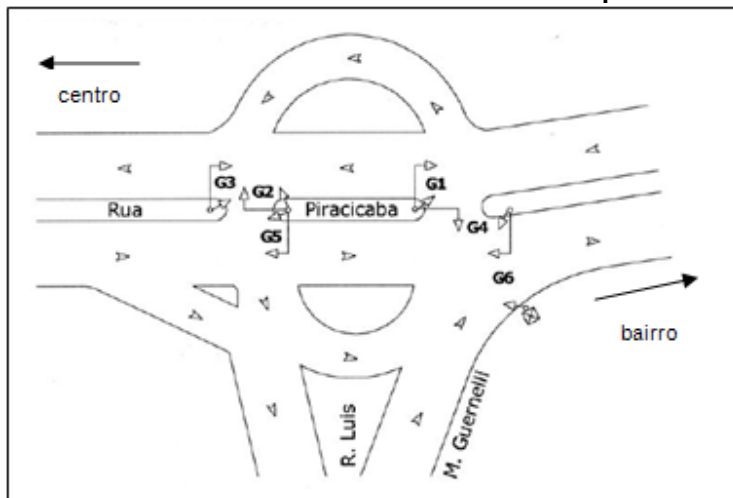
1ª.Linha de retenção até 2ª Linha de retenção = 40 metros. (medições no local)

1ª.Linha de retenção até passar 2º.Cruzamento = 53 metros.

Entendido os conceitos do exemplo anterior, veremos agora um refinamento na programação semafórica.

Apesar de já ter um controlador eletrônico instalado e as fases semafóricas estarem separadas fisicamente, o presente local tinha também uma programação sem limpeza de caixa até outubro/2007, ou seja, em ambas as aproximações semafóricas a indicação luminosa era simultânea - o que gerava os riscos de acidentes já mencionados.

Rua Piracicaba x Rua Luis Marcelino Guernelli após 08/10/07



Croqui 3



TESC Flexcon IIIA

Obs. Assim como no exemplo anterior, no croqui acima a referida via está sendo representada na posição horizontal conforme desenhos no documento original da programação semafórica.
 O deslocamento veicular analisado passa a ser visualizado, portanto, da esquerda para a direita (G5 - G6). Apesar de ser considerada nos registros oficiais como Rua Piracicaba, a via tem características de avenida.

Na nova programação semafórica, devido à distância entre os cruzamentos ser um pouco menor que no caso anterior, surtiu um efeito melhor “sobrepôr” por 1 segundo o amarelo da primeira com o amarelo da segunda aproximação.

Desta forma temos os 3 primeiros segundos de amarelo da primeira aproximação e no quarto e último segundo de amarelo este é simultâneo ao primeiro segundo de amarelo da segunda aproximação.

Quando a primeira aproximação entra no vermelho, na segunda aproximação teremos os últimos 3 segundos de amarelo – totalizando portanto 4 segundos de amarelo em ambas aproximações e permitindo uma passagem segura dos veículos (sem um excesso de limpeza de caixa).

Programação Semafórica

ANTES de 08/10/07

DEPOIS de 08/10/07

Estágio 1 sem limpeza

Programação sem limpeza

F A S E S	S E G U N D A S	P I S C A	MODO					
			1			2		
			P	S	S	P	S	S
G1	12	a	V	A	R	R	R	R
G2	10	a	R	R	R	V	A	R
G3	12	a	V	A	R	R	R	R
G4	10	a	R	R	R	V	A	R
G5	12	a	V	A	R	R	R	R
G6	12	a	V	A	R	R	R	R

P I S C A	C I C L O	D I S T A N C I A	1						2						
			P			S			P			S			
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
1	86	10	60	4	1	16	3	2							

G5 e G6 fecham simultaneamente

Estágio 2 proporciona a limpeza de caixa

Programação com limpeza

F A S E S	S E G U N D A S	P I S C A	Modo: Sincronizado Normal								
			Estágio 1			Estágio 2			Estágio 3		
			P	S	S	S	S	P	S	S	
G1	12	a	V	A	A	R	R	R	R	R	
G2	10	a	R	R	R	R	R	V	A	R	
G3	12	a	V	V	A	A	R	R	R	R	
G4	10	a	R	R	R	R	R	V	A	R	
G5	12	a	V	A	A	R	R	R	R	R	
G6	12	a	V	V	A	A	R	R	R	R	

P I S C A	C I C L O	D I S T A N C I A	Estágio 1			Estágio 2			Estágio 3		
			P	S	S	S	S	P	S	S	
			1	2	3	4	5	6	7	8	
1	86	10	59	03	01	03	01	14	03	02	

1 s de amarelo em comum e depois mais 3 s na fase G6

Na nova programação temos 1 segundo de amarelo simultâneo na 1ª. e 2ª. aproximação (intervalo 3) e sempre 4s no eixo da Rua Piracicaba - cada fase (intervalos 2 + 3 na fase 5 e intervalos 3 + 4 na fase 6).
 Pode-se programar também nos intervalos 2 3 4 (2, 2, 2s) ou (1, 3, 1s) se adequado num cruzamento específico.

Sequência de fotos tiradas no dia 26/09/14 – Rua Piracicaba sentido centro/bairro fases G5 - G6 (40 metros).



Em distâncias curtas como no exemplo seria um erro grave “fechar” a segunda aproximação antes da primeira.



Foto tirada no início do amarelo na primeira aproximação G5 - segunda aproximação G6 ainda verde. Este momento corresponde ao intervalo 2 da programação semafórica depois de 08/10/07.

Foto tirada no início do amarelo na segunda aproximação – na primeira aproximação é o último segundo no amarelo. Este momento corresponde ao intervalo 3 da programação semafórica após 08/10/07. Note que o ônibus percorreu em 3 segundos quase o percurso de retenção a retenção. Velocidade estimada em 42 km/h.



Foto tirada no início do vermelho na primeira aproximação - pela posição do ônibus na segunda aproximação estamos no final do amarelo. Este momento corresponde ao intervalo 4 da programação depois de 08/10/07.

Foto tirada no início do vermelho na segunda aproximação. Este momento corresponde ao intervalo 5 da programação semafórica após 08/10/07. Após vermelho geral de 1 segundo temos o verde para via transversal (intervalo 6).



Conforme citado no início deste texto - segundo o CTB - Código de Trânsito Brasileiro, a cor amarela indica “atenção”, devendo o condutor parar o veículo, salvo se isto resultar em situação de perigo.

Tecnicamente, se o motorista adentrar com a frente do veículo a linha de retenção ainda no sinal amarelo, isso caracteriza que não cometeu infração de trânsito.

Por outro lado, se o motorista adentrar com a frente do veículo a linha de retenção no sinal vermelho, aí sim podemos caracterizar o cometimento de uma infração de trânsito.

O CTB estabelece no Art. 208. Avançar o sinal vermelho do semáforo ou o de parada obrigatória:

Infração: gravíssima.

Penalidade: multa.

Entretanto nenhum outro artigo do CTB é apontada a passagem no amarelo como conduta irregular - sendo portanto conduta que não pode ser considerada infração de trânsito.

Cabe lembrar que pelas leis da física é impossível qualquer motorista parar instantaneamente um veículo.

Quanto maior a velocidade, maior será a distância necessária para parar um veículo.

Considerando o caso acima $V = 40$ km/h – em condições ideais um motorista dirigindo um veículo de passeio nesta velocidade precisa pelo menos de 8 metros para a distância de reação (no caso ao amarelo) e cerca de 9 metros para a distância de frenagem, necessitando portanto de 17 metros para executar uma parada total. Desta forma, se um motorista estiver a $V = 40$ km/h e já seu veículo a menos de 17 metros da linha de retenção ao surgir o amarelo ele não conseguirá parar o veículo antes da linha de retenção.

Já um motorista com um veículo com $V = 60$ km/h precisa pelo menos 12 de metros para a distância de reação (no caso ao amarelo) e cerca de 18 metros para a distância de frenagem, necessitando portanto de 30 metros para executar uma parada total. Assim, se um motorista estiver a $V = 60$ km/h e o seu veículo a menos de 30 metros da linha de retenção ao surgir o amarelo, ele não conseguirá parar o veículo antes da linha de retenção. Por isso, passar no amarelo não pode ser considerada infração de trânsito.

Devemos lembrar que em alguns casos os motoristas podem não ser os vilões da história - se um órgão de trânsito programar o amarelo com tempo insuficiente para a via em questão pode ocorrer que mesmo respeitando-se a velocidade regulamentada, o motorista vir a passar no vermelho - não porque quis, mas sim por falta de tempo adequado de amarelo.

Para um aprofundamento no assunto, veja o artigo Dimensionamento dos tempos de entreverdes para veículos, de autoria do Eng. Luis Molist Vilanova www.sinaldetransito.com.br/artigos/dimensionamento.pdf

EXEMPLO 3. Av. Washington Luís x Av. Jorge Tibiriça

Visão geral da Av. Washington Luís (eixo vertical) sentido bairro-centro



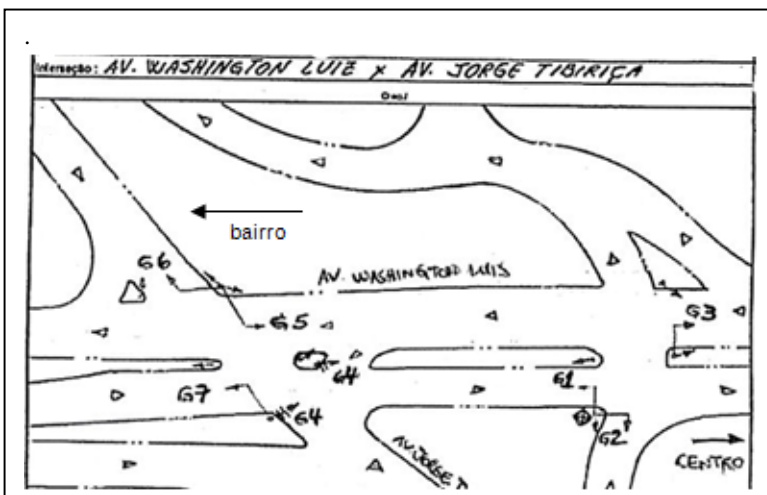
Linha de Retenção
(sentido bairro/centro)

Fonte: GOOGLE EARTH

Para efeito de análise o sentido de deslocamento dos veículos é no sentido bairro-centro. Trecho em leve declive. Velocidade máx.= 60 km/h.

1ª. Linha de retenção a 2ª retenção (linha amarela) = 71 metros. (medições no local)

1ª. Linha de retenção até passar 2º. cruzamento = 86 metros.



Croqui 4

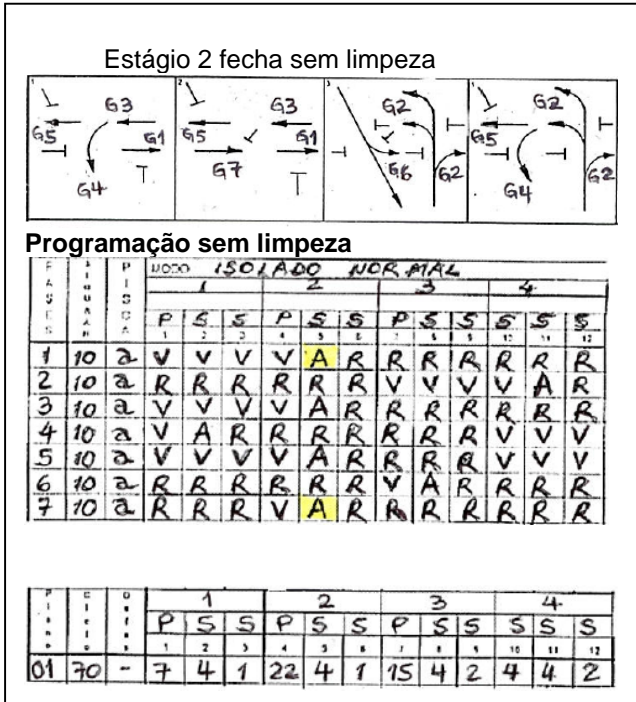


Controlador Eletrônico
TESC Flex III 188-8F

Obs. Assim como nos exemplos anteriores, a referida avenida está sendo representada na posição horizontal conforme desenhos no original da programação semafórica.

O deslocamento veicular analisado acima passa a ser visualizado da esquerda para a direita (G7 – G1)

Programação Semafórica



G 7 e G1 fecham juntos



G1 fecha depois de G7 - veja estágio 2

Obs: neste caso na mudança de programação foram reavaliados os tempos de verde e desta forma o ciclo do plano 01 passou de 70s para 100 segundos.
 Outro aspecto importante foi a mudança da sequência de estágios da programação anterior para a atual e desta forma aumentou-se os tempos de vermelho geral em função das distâncias a serem percorridas nos cruzamentos antes de iniciar um movimento conflitante.

Vistorias e acompanhamento

Neste caso, com a distância de 71 metros entre as linhas de retenção, a princípio foi analisado que os semáforos até que poderiam “fechar” simultaneamente.
 Entretanto, nas vistorias foi observado que devido ao fluxo de veículos nos horários de pico é muito melhor haver a limpeza de caixa entre os cruzamentos (fases G7 – G1) para que se tenha espaço suficiente para acomodar a grande quantidade de veículos provenientes da via transversal (estágio 4 - fase 6).
 Nas vistorias de entre-pico notou-se que o amarelo sincronizado apresenta-se como uma solução para a ocorrência de boas condições de trânsito no local.

* Em situações especiais pode ser importante haver a limpeza de caixa mesmo que os cruzamentos estejam bem afastados (80 metros ou mais!)

Um ponto essencial para a elaboração de programações mais adequadas é o profissional acompanhar os acontecimentos em campo evitando definições somente baseado em informações e sem ter feito uma vistoria sequer.

Sequência de fotos tiradas no dia 23/09/14 - Av. Washington Luís sentido bairro/centro fases G7 – G1 (71 m)



Grande fluxo de veículos - se fechar junto “caixa ficará lotada” prejudicando os veículos da via transversal.



Veja a passagem do ônibus no início do amarelo e posterior prosseguimento...



Veículos já parados na primeira aproximação e os que passaram ainda tem um verde à frente.



Mesmo com grande fluxo e velocidade reduzida, o ônibus passa de modo seguro à frente. Note que pela programação após 04/07/13, entre o início do amarelo na primeira aproximação (intervalo 2) e o término do amarelo na segunda aproximação (intervalo 4) temos um total de 12 segundos – tempo que proporciona a passagem dos veículos, evitando transtornos no local, principalmente nos horários de pico



“Caixa limpa” para os veículos no estágio 4 (G6) Velocidade estimada do grupo de veículos = 37 km/h
Ver programação depois 04/07/13

Considerações sobre as alterações semafóricas:

Poderíamos perguntar:

Mas por que quando se implantou o semáforo já não foi feita a programação com a limpeza de caixa como as apresentadas?

Os motivos podem ser os mais variados - desde a falta de recursos para se separar as fases (mais metragem de cabos), limitação no equipamento (controladores eletromecânicos) até o desconhecimento técnico de quem programou os semáforos eletrônicos.

Por outro lado vejo que nesta área, “as coisas” precisam de um tempo para acontecer – alterar uma programação de semáforo é muito simples (para quem sabe), porém nem sempre imediatas, pois são necessárias análises, vistorias (e veículos para isso), tempo para realizar e focar no assunto já que não é somente isso que se tem para fazer e principalmente organização e métodos de trabalho eficazes, além é claro de técnicos preparados e em quantidade suficiente para atender as demandas da respectiva cidade.

Mudanças na programação

Toda vez que efetuarmos mudanças nas programações semaforicas de um local é essencial cumprirmos um procedimento fundamental com o intuito de evitarmos incompatibilidades imediatas ou futuras:

Trata-se da atualização dos dados.

Desta forma a primeira providência é atualizar a folha de programação semaforica e dados eletrônicos nas fontes existentes.

Se por exemplo, o semáforo tiver problemas de funcionamento e o profissional da manutenção precisar trocar o módulo de programação é bom que os dados estejam atualizados, caso contrário voltaremos a ter uma programação anterior.

E provavelmente vários transtornos que não deveriam mais ocorrer!

Administrar as mudanças é uma tarefa das mais importantes.

Considerações finais

A sincronização do amarelo em cruzamentos próximos é um recurso de programação semaforica que os órgãos de trânsito devem implementar de forma a oferecer melhores condições de fluidez e segurança aos usuários.

Como vimos neste artigo, uma programação adequada praticamente elimina a passagem dos veículos no vermelho da segunda aproximação bem como o risco de colisão traseira na região entre os cruzamentos.

Isso vale muito!

* **Luiz Ernesto de Azeredo** é engenheiro e trabalha atualmente no Depto. Semaforico na EMDEC - Campinas-SP
leazeredo@uol.com.br

Outubro/2014

Bibliografia

- Dimensionamento dos tempos de entreverdes para veículos.
Eng. Luis Molist Vilanova www.sinaldetransito.com.br/artigos/dimensionamento.pdf
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Sinalização Horizontal - Volume IV.
- CTB - Código de Trânsito Brasileiro.
- Curso de Direção Defensiva.
SENAI-SP – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial.