

ANÁLISE CRÍTICA DE CRUZAMENTOS SEMAFORIZADOS EM  
ÁREA URBANA - BASEADA NO HCM-85

MAISA SALES COSTA

ANÁLISE CRÍTICA DE CRUZAMENTOS SEMAFORIZADOS EM  
ÁREA URBANA - BASEADA NO HCM-85

*Dissertação apresentada ao Curso  
de Mestrado em Engenharia Civil  
da Universidade Federal da Paraíba,  
em cumprimento às exigências para ob  
tenção do grau de Mestre.*

Área de Concentração: GEOTECNIA E TRANSPORTE

Orientador : Prof. Dr. ANTONIO ILDEFONSO DE A. MELO



C837a Costa, Maisa Sales  
Análise crítica de cruzamentos semaforizados em área urbana - baseada no HCM-85 / Maisa Sales Costa.- Campina Grande, 1991.  
572 p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia.

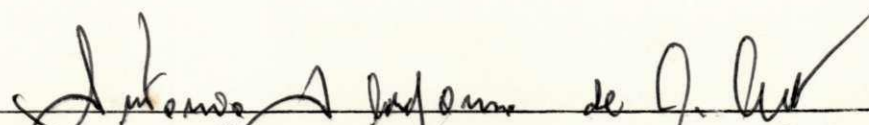
1. Engenharia de Tráfego 2. Semaforização - Software 3. Dissertação I. Melo, Antonio Ildefonso de A., Dr. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB) III. Título

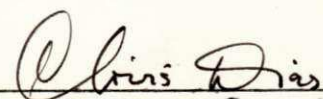
CDU 656.056.4(043)


ANÁLISE CRÍTICA DE CRUZAMENTOS SEMAFORIZADOS EM  
ÁREA URBANA - BASEADA NO HCM-85

MAISA SALES COSTA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 1º / 02 / 1991

  
Prof. Dr. ANTÔNIO ILDEFONSO DE A. MEIRO, Ph.D.  
Orientador

  
Prof. CLÓVIS DIAS, M.Sc.  
Examinador Interno

  
Prof. BENEDITO PIRES BEZERRA SEGUNDO, M.Sc.  
Examinador Externo

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA  
FEVEREIRO / 1991

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Ildefonso de Albuquerque Melo, aos meus examinadores, ao Mestrando Marcos Bastos David, ao D.E.R. -PE pelo acesso a sua Biblioteca, ao DETRAN-PE pelo fornecimento de dados reais para o estudo de caso, e aos colegas da área de transportes.

*Dedico esta dissertação aos  
meus pais Isaias e Maria, e  
àqueles da minha família que  
tanto me ajudaram.*

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é de examinar e analisar os aspectos críticos relacionados com cruzamentos semaforizados em área urbana baseado no Highway Capacity Manual de 1985 - Special Report 209 da TRB.

Apresenta uma revisão bibliográfica de estudos analíticos de cruzamentos, focalizando as principais teorias que inspiraram e determinaram o aparecimento do Manual de Capacidade (HCM-85), e os principais avanços surgidos no assunto após a publicação do Manual, com a finalidade de aperfeiçoamento da análise recomendada pelo HCM-85 e de levantamento de questões ainda duvidosas relacionadas com os aspectos críticos.

A metodologia do HCM-85 é completamente descrita em seus mínimos detalhes, sendo identificados os seus principais aspectos, apresentando todo o seu processo de análise tanto operacional quanto de planejamento. Isto é feito tendo por objetivo guiar possíveis usuários do Manual, tendo em vista que ainda é usado largamente no Brasil o método tradicional de Webster.

Uma análise operacional e de planejamento de Recife-PE, através de um estudo de caso na região metropolitana de Recife-PE, a título de demonstração e teste da metodologia nos seus aspectos mais relevantes, e de verificação da sensibilidade das principais mudanças sugeridas pelo HCM-85.

Propõe, também, um software para o desenvolvimento da análise apresentada pelo Manual, com o objetivo de possibilitar ao analista criar diversos cenários em busca de uma solução mais eficiente para a situação em estudo.

Os diversos fatores que influenciam no estudo de cruzamentos semaforizados são analisados, procurando-se determinar aqueles que realmente são relevantes, de modo a tornar disponíveis ao usuário do HCM-85 considerações feitas por outros pesquisadores após a publicação do Manual. Isto é feito levando-se em consideração sugestões feitas por diversos estudos que surgiram depois da publicação do HCM-85.



## ABSTRACT

The purpose of this work is to examine and analyse the critical aspects related to signalized intersections in urban areas according to the Highway Capacity Manual of 1985-Special Report 209-TRB.

This work presents a bibliographic review for some of the analytical studies of intersections, concentrating on both the theories that inspired and brought forth the HCM-85 and the main development which came as a result of its publication, in order to improve the analysis suggested by Manual and inquire into some of the controversial problems that still exist regarding the critical aspects of signalized intersections.

The HCM-85 method has been fully described here; its main features have been identified, and a thorough process of both planning and operational analysis has been presented. This has the purpose of guiding the user of the Manual, taking into account the fact that the traditional method of Webster is still used in Brazil.

A planning and operational analysis has been conducted on a case history of a metropolitan area in Recife-PE, in order to demonstrate and test the application of the method, and verify its sensitivity to some of the changes recommended by the HCM-85.

A software has also been provided, the purpose of which is to assist the traffic analyst in creating a variety of situations in order to find the most efficient solution.

The various factors that influence the study of signalized intersections have been examined, and those, which were thought most relevant, have been detected so as to provide the HCM-85 user with considerations raised by other researchers after the publication of the Manual.

## Í N D I C E

	Página
AGRADECIMENTO . . .	i
DEDICATÓRIA . . .	ii
RESUMO . . .	iii
ABSTRACT . . .	v
 CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO . . .	 1
1.1. - Considerações Preliminares . . .	1
1.2. - Definição do Problema . . .	5
1.3. - Objetivos: Geral e Específicos . . .	7
 CAPÍTULO II- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . .	 9
2.1. - Introdução . . .	9
2.2. - Estudos Anteriores ao Manual de Capacidade (HCM-85) . . .	10
2.3. - Estudos Referentes a Contribuição do Manual de Capacidade (HCM-85) . . .	66
2.4. - Estudos Posteriores ao Manual de Capacidade (HCM-85) . . .	74
2.5. - Referências bibliográficas . . .	92
 CAPÍTULO III- ANÁLISE DE CRUZAMENTOS SEMAROFIZADOS . . .	 101
3.1. - Introdução . . .	101
3.2. - Levantamento de Dados de Campo . . .	104
3.2.1 - Procedimento usual . . .	104
3.2.2 - Procedimento para o HCM-85 . . .	123
3.3. - Análise de Cruzamentos Semaforizados segundo o HCM-85 . . .	135
3.3.1 - Introdução . . .	135
3.3.2 - Análise operacional . . .	140
3.3.2.1 - Metodologia da análise operacional . . .	142

3.3.2.2 - Procedimento de cálculo . . .	198
3.3.2.3 - Avaliação dos resultados . . .	218
3.3.3 - Análise de planejamento . . .	223
3.3.3.1 - Metodologia da análise de planejamento . . .	223
3.3.3.2 - Procedimento de cálculo . . .	230
3.3.3.3 - Avaliação dos resultados . . .	238
3.4. - Referências bibliográficas . . .	239
CAPÍTULO IV - ESTUDO DE CASO PELO HCM-85 . . .	<del>240</del>
4.1. - Introdução . . .	240
4.2. - Resolução Analítica . . .	241
4.2.1 - Análise operacional da situação existente . . .	242
4.2.2 - Avaliação dos resultados obtidos . . .	274
4.2.3 - Nova solução considerando a avaliação dos resultados obtidos . . .	278
4.2.4 - Análise de planejamento utilizando o cenário do estudo de caso . . .	286
4.2.5 - Avaliação dos resultados obtidos para o ano horizonte . . .	291
4.2.6 - Considerações sobre estudos posteriores ao HCM-85 . . .	292
4.2.7 - Avaliação final do estudo de caso . . .	293
4.3. - Referências bibliográficas . . .	296
CAPÍTULO V - SOFTWARE PARA A RESOLUÇÃO ANALÍTICA DO HCM-85 . . .	297
5.1. - Introdução . . .	297
5.2. - Desenvolvimento do software . . .	299
5.2.1 - Edição de formulários . . .	302
5.2.1.1 - Módulo dos dados de entrada. . .	302
5.2.1.2 - Módulo de ajustamento de volume. . .	308
5.2.1.3 - Módulo da taxa de fluxo de saturação . . .	312
5.2.1.4 - Módulo de análise de capacidade. . .	319
5.2.1.5 - Módulo de nível de serviço . . .	322
5.2.2 - Gravação de formulários . . .	326
5.2.3 - Recuperação de formulários . . .	327
5.2.4 - Impressão de formulários . . .	327

	Página
5.3. - Resultados da Aplicação do Software ao Estudo de Caso . . . .	327
5.3.1 - Aplicação do software ao estudo de caso	328
5.3.2 - Criação de novos cenários . . . .	328
5.3.3 - Avaliação dos cenários . . . .	340
5.4. - Referências bibliográficas . . . .	344
CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES E PROPOSTAS . . . .	345
6.1. - Conclusões Sobre a Metodologia Proposta pelo HCM-85 . . . .	345
6.2. - Conclusões Sobre a Análise dos Resulta dos Obtidos nas Aplicações da Metodologia.	346
6.3. - Sugestões para Pesquisas Futuras . . . .	348
6.4. - Referências bibliográficas . . . .	350
GLOSSÁRIO . . . .	351
Parte I-Vocabulário da Engenharia de Tráfego . . .	351
Parte II-Vocabulário da Computação . . . .	<del>355</del>
BIBLIOGRAFIA . . . .	<del>358</del>
APÊNDICES:	
- APÊNDICE I- Sugestões Geométricas para Interseções - Uma Estimativa de Elemen tos de Projeto . . . .	371
- APÊNDICE II- Sugestões de Semaforização - Estabelecimento do Projeto do Semáforo para Uso na Análise Operacional . . . .	377
- APÊNDICE III- Medida Direta das Taxas de Fluxo de Saturação Prevalentes . . . .	390
- APÊNDICE IV- Medida Direta de Demora de Interseções em Campo . . . .	395
- APÊNDICE V- Efeito de Ônibus em artérias ur banas . . . .	399
- APÊNDICE VI- Exemplo ilustrativo de le	

vantamento de Dados em Campo Usan  
do o Procedimento de Levantamento  
de Dados do Estudo de Caso do Ca  
pítulo 4 . . . . 401

- APÊNDICE VII - Documentação do  
Software ACS para a Análise de  
Cruzamentos Semaforizados . . . . ~~427~~

- APÊNDICE VIII - Software ACS . . . . 448

- APÊNDICE IX - Manual do usuário  
do Software ACS . . . . 549

- APÊNDICE X - Estudo de caso da  
interseção Av. Norte/Av. Cruz Ca  
bugã - Resultados da análise uti  
lizando o software . . . . 562

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

#### 1.1 - Considerações Preliminares

A rápida evolução das áreas urbanas, evidencia a necessidade de um aparelhamento urbano mais adequado e capaz de contribuir para a melhoria do padrão de vida de seus habitantes.

Inserido neste contexto encontra-se o sistema de transportes, que é utilizado nos deslocamentos de pessoas e cargas, e que constantemente sofre alterações face ao aumento de veículos que circulam através de suas vias.

Em função dessas alterações, para que esses deslocamentos sejam rápidos e seguros, faz-se necessário um estudo periódico das capacidades de carregamento de tráfego, que representam o número máximo de veículos que pode escoar na via na unidade de tempo, e dos níveis de serviço, que indicam qualitativamente as condições operacionais de tráfego, baseados na velocidade, tempo de viagem, interrupções no tráfego, liberdade de movimento, conforto, conveniência do motorista, segurança e custos operacionais.

A partir desses conceitos, desenvolveram-se diversas teorias para o cálculo e dimensionamento das vias, dentro de padrões desejados, assim como, para a realização de análises operacionais e de planejamento dessas vias. Enfocando os aspectos críticos relacionados com o tráfego das vias, mais es

pecificamente, os seus componentes que são os segmentos e as junções. Entre esses aspectos críticos, estão a travessia de pedestres, faixas de estacionamento adjacentes ao fluxo de tráfego, o percentual de veículos pesados no tráfego, o número de manobras realizadas por ônibus locais e o faseamento dos semáforos.

Sabe-se, no entanto, que os pontos mais problemáticos das vias são as junções das mesmas, ou seja, os pontos de interceptação das mesmas. À essas junções dá-se o nome de interseções, que podem ser de mesmo nível ou em níveis separados, semaforizadas ou não semaforizados.

As interseções de mesmo nível apresentam tipos como Cruzamentos, Rotatórias, em forma de Tê, Ipsilon, Esconsas e Canalizadas. As interseções em níveis separados apresentam tipos como Trombetas, Direcionais, Trevos, Losangos e Combinações.

Este trabalho realiza uma análise crítica baseada no desenvolvimento do estudo analítico da operação e planejamento de interseções do tipo Cruzamentos Semaforizados, focalizando a área urbana com as suas situações mais típicas. Para tanto, dispõe de uma teoria fundamentada em métodos reconhecidos internacionalmente como o Método Inglês (1966), O Método Sueco (1977) e o Método do HCM dos Estados Unidos (1965, 1985), além de artigos publicados por revistas especializadas na área de tráfego, principalmente artigos da Transportation Research Board (TRB) de Washington D.C., compreendendo entre livros e artigos um período de 37 anos (1952-1989) de estudos sobre o assunto.



A análise é fundamentalmente baseada no Highway Capacity Manual de 1985, apresentando um estudo de caso na região metropolitana de Recife, estado de Pernambuco-Brasil, ressaltando os aspectos críticos deste estudo e analisando as contribuições do Manual no que se refere a identificação dos principais problemas que enfrenta o tráfego num cruzamento, como também, o efeito das condições geradas por estes problemas no seu desempenho. Para analisar melhor o efeito destas condições, que variam de acordo com a situação configurada por aspectos determinantes no desempenho de um cruzamento, ou seja, condições geométricas, de tráfego e semaforização, é formulado um programa de computador para resolução da análise recomendada pelo Manual de Capacidade (HCM-85), o qual pode ser alterado em função da variação das condições em que se encontra o tráfego no cruzamento.

O Capítulo 2 trata da revisão bibliográfica que serve de embasamento para a análise crítica, realizando uma revisão dos estudos feitos antes do aparecimento do HCM-85, e a importância de alguns desses estudos para a nova formulação do Manual de Capacidade (HCM-85). Realiza-se, também, uma análise das principais contribuições do HCM-85, no que se refere a revisão de conceitos fundamentais de tráfego, levantamento de questões polêmicas e nova proposta de metodologia. Os estudos mais recentes sobre o assunto são analisados, como respostas a questões levantadas pelo próprio HCM-85 e como novas sugestões de estudo.

Como auxílio ao usuário deste trabalho, no Capítulo 3 são apresentadas sugestões de procedimentos de levantamento de

dados em campo, dividindo o assunto em procedimento usual e procedimento específico para o HCM-85. A apresentação do HCM-85 também é feita no Capítulo 3, mostrando os procedimentos de suas análises, a Operacional e a de Planejamento, e a Avaliação dos Resultados.

O Capítulo 4 consta de um estudo de caso realizado na região metropolitana de Recife, mais especificamente, um cruzamento semaforizado em área urbana. Para este cruzamento é feita uma resolução analítica ressaltando os aspectos críticos e sugerindo uma possível solução para o caso. Também é feita uma análise de planejamento para um período de cinco anos, para a visualização da situação do cruzamento no ano horizonte.

O Capítulo 5 apresenta um software para a resolução da análise recomendada pelo HCM-85, desenvolvendo o programa por módulos. Inicialmente formula-se o módulo para a entrada de dados. Em seguida procura-se formular o módulo que permita o ajustamento de volume. Depois, um novo módulo é elaborado de modo a permitir o cálculo da taxa de fluxo de saturação. Finalmente, são elaborados dois módulos relacionados respectivamente com análise de capacidade e nível de serviço. Convém ressaltar, que na formulação dos módulos é seguido o procedimento normal de cálculo do HCM-85. Para aprimorar a saída de resultado da análise é formulado um módulo de impressão de resultados. Posteriormente, o software é aplicado ao estudo de caso, permitindo, assim, a formulação de vários cenários e a busca de uma boa solução para o caso em estudo.

No Capítulo 6 são feitas conclusões e propostas de estudo

dos sobre o assunto.

Para maior precisão da conceituação utilizada, um Glossário é fornecido no final deste trabalho contendo os conceitos básicos incluídos.

As referências bibliográficas estarão no final do seu respectivo capítulo, e a bibliografia utilizada na realização deste trabalho estarão contidas logo em seguida ao Glossário, e para finalizar, são incluídos Apêndices com informações adicionais.

## 1.2 - Definição do Problema

O HCM-85 apresenta uma nova visão sobre a problemática operacional e de planejamento dos cruzamentos semaforizados, englobando avanços analíticos realizados até então e, dando passos importantes na discussão dos aspectos críticos que influenciam no desempenho de um cruzamento. Introduzindo novos elementos ao conceito de capacidade, como o tempo de alocação, função essencialmente desempenhada pelos semáforos, e cuja maneira como é alocado tem um impacto significativo na capacidade e operação do cruzamento. A conceituação de nível de serviço é revista, sendo agora avaliado em termos de demora por veículo. Os conceitos de capacidade e nível de serviço são independentes em suas análises, não havendo uma correlação entre os mesmos, mas são complementares em resultados para que se obtenha uma configuração geral da situação do cruzamento.

A análise de capacidade implica no cálculo de taxas de

volume em relação a capacidade (v/c), determinadas para um grupo de faixas durante um intervalo de pico de 15 minutos. Inicialmente calculadas para movimentos individuais, sendo depois obtidas para a soma dos movimentos críticos ou grupos de faixas do cruzamento. Portanto, a capacidade do cruzamento como um todo não é avaliada, porque o projeto geométrico e semaforização focalizam a acomodação dos movimentos críticos das aproximações pertencentes ao mesmo.

O nível de serviço é baseado na demora média por veículo para os diversos movimentos contidos no cruzamento. Apesar das taxas v/c afetarem a demora, há outros parâmetros que mais fortemente a afetam, tais como a qualidade de progressão, o comprimento das fases de verde, comprimentos de ciclo, e outros.

Por estas razões, ambos capacidade e nível de serviço devem ser examinados cuidadosamente. Há necessidade de se verificar em detalhes a abordagem de análise operacional e de planejamento recomendada pelo HCM-85. A conceituação de capacidade e nível de serviço, a inclusão de elementos críticos determinantes no desempenho do tráfego no cruzamento, como o tipo de chegada, tempo de alocação realizado pelos semáforos, convergências à esquerda conflitantes, movimentos de pedestres conflitantes com as convergências à direita. O greide das aproximações, e outros. E, a partir da análise recomendada pelo Manual de Capacidade (HCM-85), conhecendo estudos posteriores ao mesmo, fazer novas avaliações sobre a problemática.

O problema consiste em verificar toda a análise reco

mendada pelo Manual de Capacidade (HCM-85), abordando os seus aspectos críticos, aplicando a mesma a uma situação real através de um estudo de caso, observando os seus resultados, tendo desenvolvido um software para a aplicação da metodologia do Manual de Capacidade (HCM-85) objetivando utilizá-lo para visualizar diversos cenários compatíveis com o caso em estudo.

### 1.3 - Objetivos: Geral e Específicos

Este trabalho tem como objetivo geral um estudo analítico e crítico da abordagem da análise operacional e de planejamento recomendada pelo HCM-85, identificando as suas principais contribuições, baseadas em estudos realizados sobre o assunto durante as décadas de 60, 70 e 80, no que se refere a aplicação em resoluções de problemas relacionados com cruzamentos semaforizados em área urbana.

Para tanto, utiliza-se a bibliografia que compreende os estudos e métodos precedentes e posteriores ao HCM-85, estudando a técnica analítica recomendada pelo mesmo para os diversos aspectos críticos concernentes aos cruzamentos, visando atingir os seguintes objetivos específicos:

1. - o entendimento da evolução histórica do estudo analítico de cruzamentos precedentes ao HCM-85.
2. - a identificação das principais teorias que inspiraram o HCM-85.
3. - o conhecimento da fusão dessas teorias, apresentando

uma nova visão analítica operacional e de planejamento dos cruzamentos semaforizados, culminada por um conjunto de contribuições encadeadas num único trabalho: Highway Capacity Manual - 1985.

4. - o conhecimento dos avanços analíticos apresentados após o HCM-85.
5. - o conhecimento e aplicação da metodologia de análise operacional e de planejamento recomendada pelo HCM-85.
6. - a verificação e análise dos resultados obtidos em um estudo de caso, realizado em um cruzamento com características típicas da realidade brasileira de tráfego.
7. - identificação dos principais problemas relativos a cruzamentos semaforizados em área urbana.
8. - o desenvolvimento de um software para automatizar o procedimento de cálculo da técnica recomendada pelo HCM-85, facilitando sua aplicação.
9. - a proposta de possíveis alterações no desenvolvimento da técnica de análise recomendada pelo HCM-85, devido a problemas detectados durante a análise crítica.

## CAPÍTULO II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 - Introdução

O HCM-85 é um manual que reúne as principais contribuições de pesquisas e estudos feitos durante os vinte anos posteriores a publicação do manual anterior (HCM-65), e como tal, reflete toda uma nova concepção filosófica e científica a respeito do estudo de cruzamentos, englobando a inovação metodológica e de abordagem dos aspectos críticos referentes a cruzamentos semaforizados.

Este capítulo se propõe a acompanhar este desenvolvimento através de uma revisão bibliográfica do assunto, ressaltando as principais contribuições em ordem cronológica, como uma forma de levar a uma idéia evolutiva deste estudo, e identificação das principais teorias que se consagraram e sob as quais o HCM-85 foi inspirado.

Além disso, é citada a própria contribuição referente ao HCM-85, que na fusão dessas teorias, propõe uma inovação filosófica e metodológica no tratamento do assunto, inéditas até então. Porém, os estudos continuaram após o HCM-85, e as discussões a respeito do assunto prosseguem. Discussões estas, que giram principalmente em torno de aspectos mais críticos envolvendo cruzamentos semaforizados, como por exemplo, as convergências e o faseamento do semáforo; e o HCM-85 sempre é citado como ponto de partida dessas discussões. Acredi

ta-se que muitas coisas precisam ser melhoradas ou aperfeiçoadas no HCM-85, para que os resultados analíticos possam refletir melhor a situação real, por isto, muitas pesquisas vêm sendo feitas e muitas mudanças propostas, porém tudo ainda passível de muita discussão para que se chegue a um denominador comum.

Este capítulo proporciona uma visão do estudo anterior ao HCM-85, necessária para o entendimento da filosofia na qual o manual se inspirou, também, proporciona uma visão sobre as contribuições do manual, fundamental para entendê-lo em toda a sua complexidade metodológica, e apresenta ainda os estudos posteriores ao manual, que têm a finalidade de aperfeiçoá-lo.

## 2.2 - Estudos anteriores ao Manual de Capacidade (HCM-85)

Antes do HCM-85 existiram diversas teorias, abordagens e metodologias que procuraram estudar o desempenho das interseções. Este item objetiva apresentar um sumário dos estudos que contribuíram na inspiração e no desenvolvimento do HCM-85, e mesmo aqueles estudos que não estão diretamente ligados a filosofia do Manual, nem ao seu desenvolvimento, mas que serviram para levantar questionamentos que posteriormente culminaram em novas pesquisas e descobertas relevantes, são dignos também de atenção, para que se tenha noção da evolução do próprio estudo do assunto.

### 2.2.1 - Contribuição de 1965

No ano de 1965, a Highway Research Board Publica o Manual de Capacidade que reúne os principais avanços nos estu



dos de interseções realizados até então. O HCM-65 (6) apresenta os fatores que afetam a capacidade e o nível de serviço de cruzamentos semaforizados divididos em quatro categorias: físicos e operacionais, ambientais, de tráfego e medidas de controle.

As condições físicas e operacionais consideram os seguintes aspectos:

1. - *Largura da aproximação*: o HCM em seu texto (Cap. 6, pág. 113), diz "que a largura da aproximação, melhor do que o número de faixas, tem sido um fator mais influente na capacidade de uma aproximação".
2. - *Operação de mão única ou mão dupla*: a diferença do tipo de operação, se de mão única ou dupla, reflete na capacidade e no nível de serviço proporcionado. Numa aproximação de mão única, por exemplo, os movimentos de convergência podem ser feitos mais facilmente, devido a falta de fluxo oposto.
3. - *Condições de estacionamento*: a largura da via influenciada por veículos estacionados é, na média, substancialmente maior do que simplesmente o espaço físico que eles ocupam.

As condições ambientais são representadas por aquelas características da demanda de tráfego, que refletidas na corrente de tráfego não podem ser mudadas simplesmente pela alteração dos aspectos de controle e projeto da interseção. Esses fatores são os seguintes:

1. - *Fator de carga*: é uma medida do grau de utilização de

uma aproximação de uma interseção durante uma hora de fluxo de tráfego de pico. É uma taxa do número de fases verdes que são carregadas, ou completamente utilizadas pelo tráfego (geralmente durante a hora de pico) em relação ao número de fases verdes disponíveis para aquela aproximação durante o mesmo período. Como tal, também é uma medida do nível de serviço da aproximação. O fator de carga pode variar de 0.0 a 1.0. Se 0.0 representa aquela situação na qual nenhum ciclo durante o período considerado está carregado. O valor do fator ser 0.2 indica uma boa aproximação para quase todos os casos (representa 20% das fases completamente utilizadas, mas os ciclos restantes estão trabalhando abaixo deste nível). O fator 0.4 representa um volume relativamente alto, que pode resultar em demora considerável para alguns veículos na aproximação. Os fatores maiores que 0.4 representam correspondentemente valores altos de percentuais de fases completamente utilizadas.

2. - *Fator hora de pico:* é uma medida de consistência de demanda. Para as interseções é definido como a taxa entre o número de veículos contados durante a hora de pico e quatro vezes o número de veículos contados durante o maior 15 minutos consecutivos. O fator deve ser calculado para cada aproximação. Reflete as variações das características de pico da aproximação, e fornece uma maneira de avaliar mais precisamente suas características de operação.

3. - *População da área metropolitana:* é difícil determinar o seu efeito. Tem sido suficientemente determinado pela inclusão como uma das variáveis nos procedimentos, sendo dividida em 4 partes:

a. Central Business District (CBD) ou Centro da cidade: caracterizada pelo grande número de pedestres, veículos comerciais de pessoas e mercadorias, uma grande demanda para o espaço disponível de estacionamento.

b. A área próxima ao Centro da cidade (Fringe): possui um tráfego moderado de pedestres, número menor de manobras de estacionamento, mas podendo incluir grande área de estacionamento servindo a área anterior.

c. Área comercial externa (Outlying business district - (OBD)): esta área tem a sua própria circulação local de tráfego dominada por movimentos diretos para a área CBD e da área CBD.

d. *Residencial:* é caracterizada por poucos pedestres e muito poucas manobras de estacionamento.

As condições de tráfego são principalmente afetadas pelos seguintes movimentos:

1. - *Movimento de convergência à esquerda:* o efeito de um veículo de convergência à esquerda na capacidade da aproximação é menor do que 2 veículos sucessivos, estando mais relacionado com o número de veículos opostos e dependente do fluxo de pedestres conflitantes. Um veículo esperando para convergir causa uma redução relati

vamente maior na capacidade de uma via estreita do que em uma larga tendo um centro dividido por uma ilha. A largura de travessia afeta o número de convergências.

2. - *Movimento de convergência à direita*: dois ou mais veículos consecutivos causam menor efeito por veículo na capacidade de aproximação do que chegadas separadas. As convergências à direita são afetadas por movimento de pedestres, e causam uma maior redução na capacidade de uma rua estreita do que numa mais larga, sendo que a influência da largura de travessia é variável.
3. - *Ônibus diretos e veículos pesados*: são considerados ônibus diretos aqueles ônibus que param a uma distância maior que 75 metros do cruzamento. A conversão em carro-passeio equivalente não é usada nos cálculos de capacidade do cruzamento: é preferível que o ajustamento em movimento direto seja fornecido. Contudo, um ônibus pode ser considerado como ao equivalente no mínimo a 2 carros-passeio, sob as melhores condições. A presença de veículos pesados reduz a capacidade por causa de suas taxas de aceleração serem mais baixas e ocuparem mais espaço.
4. - *Ônibus locais*: são aqueles que param a uma distância menor que 75 metros do cruzamento. O efeito específico na capacidade está na carga e descarga de passageiros, dependendo da influência quantitativa destes efeitos, da área da cidade, da largura da via, condições de estacionamento, número de ônibus, e localização das paradas.

As medidas de controle que afetam a capacidade e o nível de serviço das aproximações do cruzamento são as seguintes:

1. - *sinais de tráfego*: a principal influência de um sinal na capacidade de uma aproximação é em termos de veículos por hora de verde, que envolve o grau no qual os veículos ainda podem manter-se em movimento. Raramente o tráfego pode se mover além de uma taxa de 1500 veículos por hora de verde por faixa. Por outro lado, se nenhum tráfego parar, a taxa de fluxo de capacidade pode chegar a 2000 veículos por hora (vph) de verde por faixa.
2. - *marcação das faixas da aproximação*: dependendo da marcação da faixa, ela poderá ser exclusiva de um só movimento ou poderá ser utilizada por mais de um movimento.

O nível de serviço é por definição um indicador do tipo de operação sobre uma distância. Os níveis de serviço no HCM-65 estão relacionados com o fator de carga da seguinte maneira:

Níveis de Serviço	Descrição do fluxo	Fator de Carga
A	fluxo livre	0.0
B	fluxo estável	$\leq 0.1$
C	fluxo estável	$\leq 0.3$
D	fluxo aproximando-se do instável	$\leq 0.7$
E <sup>a</sup>	fluxo instável	$\leq 1.0$
F	fluxo forçado	----b

a - atingiu a capacidade  
b - não é aplicável

Fonte: Tab. 613, cap. 6 do HCM-65 (6).

### 2.2.2 - Contribuição de 1966

Logo após o HCM-85, no ano de 1966, Webster e Cobbe (8) apresentam um trabalho que irá marcar profundamente o estudo de capacidade e nível de serviço de interseções. No aspecto da capacidade, onde Webster já havia estudado anteriormente (ver Ref. 2), confirmam o fluxo de saturação como medida básica da capacidade, e no aspecto do nível de serviço, o estudo de demora. Esse método será detalhado por Salter (16) posteriormente no ano de 1976.

### 2.2.3 - Contribuições de 1973

O estudo de capacidade volta a ser focado no ano de 1973 por Berry e Gandhi (12), que estudam o cálculo de capacidade de Webster (2) e Miller (5), e sugerem um método para o cálculo da capacidade a partir das medidas dos "headways", demora inicial na largada e da utilização de parte do amarelo. No mesmo ano Johnsen e Mathias (13) avaliam a capacidade dos movimentos de convergência à esquerda protegidos e chegam a algumas conclusões, como por exemplo, o fato das capacidades de convergência à esquerda do estudo serem significativamente maiores do que as estimadas pelo HCM-65. Pignataro (Cap. 13, pág. 223, Ref. 14), em seu livro publicado neste ano, adverte para os problemas envolvendo convergências à esquerda, e propõe uma fórmula para o cálculo da capacidade de convergência à esquerda levando em consideração o ajustamento devido ao tráfego oposto.

Outro estudo importante realizado no mesmo ano foi o de Yu e Vardyke (15), que avaliam o efeito de manobras de estacionamento na demora do tráfego na interseção.

Estes estudos são apresentados com mais detalhes logo abaixo, obedecendo a ordem de apresentação anterior.

Berry, Donald S. e Gandhi, P.K.(12) - sugerem um método para o cálculo da capacidade a partir das medidas dos "headways", demora inicial da largada, e utilização de parte do amarelo, baseam-se em trabalhos anteriores, que são os seguintes:

1. Bartle, Skoro e Gerlough(1) mediram as demoras iniciais e os headways para porções carregadas de ciclos para muitas interseções em Los Angeles, e propuseram uma fórmula para o cálculo da capacidade de um sinal de tempo fixo. A fórmula para o cálculo da capacidade de cada ciclo é a seguinte:

$$n = (g + a - d)/h$$

onde:

g é o comprimento de verde, em segundos;

a é o comprimento de amarelo, em segundos;

d é a demora média do tempo de largada para o primeiro veículo na hora de pico; e

h é o "headway" médio da aproximação para as partes carregadas do ciclo.

2. Webster, F.V.(2) - utilizou o fluxo de saturação da aproximação (em veículos por hora de verde efetivo) como a medida básica de capacidade. O fluxo de saturação foi medido ao contar o número de veículos que atravessavam a linha de parada em fases saturadas durante intervalos de 2 segundos consecutivos após o começo de verde, sendo considerados os veículos pesados e convergências. Ao calcular o fluxo de saturação, os dados nos primeiros poucos períodos após o início de

verde foram incluídos. O tempo de verde efetivo é escolhido tal que o produto do fluxo de saturação e tempo de verde efetivo seja igual ao número médio de veículos passando durante os intervalos de verde e amarelo combinados. Convém lembrar que o verde efetivo é verde mais amarelo menos o tempo perdido. O tempo perdido mede cerca de 2 segundos por fase excluindo todo o intervalo de vermelho.

3. Miller, A.J.(5) - também utiliza os conceitos de fluxo de saturação, tempo perdido e verde efetivo, mas faz o cálculo de capacidade por faixa da aproximação. Os seus estudos estão incluídos no Guia Australiano (10), onde o fluxo de saturação é definido é como o recíproco do "headway" temporal médio, no qual o Headway temporal para a porção do ciclo mais carregada é medido do início do verde e subtraído 1 segundo devido à demora inicial da largada. O tempo perdido é considerado como o tempo de interverde menos 0,5 segundos ou o tempo de viagem através da interseção mais 2,5 segundos. O tempo de verde efetivo é definido tal que o número de veículos que atravessam a linha de parada em uma fase completamente saturada é igual ao produto do fluxo de saturação e a proporção de verde efetivo.

Em ambos métodos, Inglês (2) e Australiano (10), os valores do fluxo de saturação são dados para as condições ideais. Ao definir a capacidade para as condições prevalentes, os fatores equivalentes a carros-diretos são utilizados para corrigir os veículos pesados e as convergências. E os fatores de redução também são usados para corrigir os efeitos de estacionamento e greides.



O método proposto por Berry e Gandhi(12) difere dos métodos Australiano e Inglês principalmente nos procedimentos usados para a determinação do fluxo de saturação e tempo perdido. O verde efetivo é determinado das medidas de demora na largada, utilização do amarelo, e comprimento de verde:

$$n = \frac{g + \lambda y - d}{\bar{h}} + 1 \quad (1)$$

$$\text{capacidade} = \frac{3600 \cdot (g + \lambda y - d + \bar{h})}{c \bar{h}} \quad (2)$$

A equação (1) leva em consideração o fato de que o número de veículos que entram no ciclo carregado é um ou mais do que um número de headways. Os valores médios dos headways ( $\bar{h}$ ), demoras iniciais de largada ( $d$ ) e utilização do amarelo ( $\lambda y$ ), são usados na equação (2) para calcular a capacidade da faixa ou aproximação em vph (veículos por hora).

Nestas equações manipula-se com as seguintes variáveis:  
**n** é o número de veículos liberados por uma aproximação durante um ciclo carregado;

**d** é a demora inicial de largada, transcorrida do início de verde até o instante em que o último eixo do primeiro veículo atravessa a linha de referência (geralmente a linha de parada), em segundos;

**$\bar{h}$**  é o tempo de headway médio para todos os veículos num pelo tão compacto que atravessa a linha de referência (na eq.2,

$\bar{h}$  é a medida de uma grande amostra de ciclos), em segundos;  
 $\lambda$  é a proporção de comprimento de intervalo amarelo no ciclo carregado, o qual é considerado como o tempo em que o último veículo num pelotão compacto atravessa a linha de referência;

$C$  é o comprimento do ciclo, em segundos;

$g$  é o comprimento de verde, em segundos; e

$y$  é o comprimento de amarelo, em segundos.

Obs:  $\lambda y$  neste método é calculado da seguinte forma:

$$\lambda y = d + T - g,$$

onde  $T$  é o tempo transcorrido entre a passagem do primeiro veículo e o último veículo do pelotão compacto pela linha de referência.

Avaliando a capacidade de movimentos de convergência à esquerda protegidos em interseções sinalizadas onde ambas as faixas de convergências e sinais separados são fornecidos, Johnsen, Ronald R. e Mathias, Judson S. (13) determinaram as capacidades através de observações de campo selecionadas em interseções urbanas onde os sinais possuíam variações de comprimento de ciclo. Os valores de capacidade encontrados pareceram ser significativamente maiores do que as capacidades determinadas pelo HCM-65. A validação dos resultados observados foram verificadas pelos diferentes estudos de interseções; nenhuma diferença significativa foi observada. Esta pesquisa mostra que as capacidades podem ser três vezes maior que aquelas calculadas pelos procedimentos usuais.

O número de veículos que pode executar uma convergência à esquerda com faseamento protegido durante um dado período de tempo depende basicamente de dois fatores:

1. como os veículos começam a se mover após a indicação do sinal tornar-se verde.
2. como cada veículo individual reage em relação ao veículo que está imediatamente a sua frente.

Este processo continua até que todos os veículos na fila tenham convergido ou tenham prosseguido direto ou até que o fluxo esteja parado pela indicação de um sinal vermelho. A quantidade de tempo necessário para dissipar uma fila de veículos após o sinal tornar-se verde depende do tempo de reação e características de aceleração de cada motorista e veículos. O tempo total para um grupo de veículos negociar um movimento de convergência pode variar consideravelmente.

Um segundo estudo proposto foi de investigar o efeito da presença de veículos de convergência à esquerda atravessando o tráfego na capacidade do movimento de convergência à esquerda protegido.

Ao analisar o volume de convergência à esquerda nas quatro aproximações em três interseções diferentes, foi encontrada a seguinte conclusão:

1. A presença de veículos de convergência à esquerda com faseamento tolerado no tráfego não reduz significativamente a capacidade dos movimentos de convergência à esquerda protegido em 2/3 das observações.

A advertência sobre o aspecto do ajustamento para movimentos de convergência à esquerda, tendo como caso básico faixas ou fases divididas é feita por Pignataro, Louis J. (Cap. 13, pág. 223, Ref. 14). Os volumes de serviço desajustados são dados em termos de veículos mistos para um caso de 10% de convergência à esquerda e 10% de convergência à direita. Os fatores de ajustamento são necessariamente para qualquer percentual de convergência à esquerda ou à direita maior que 10%.

Todas as convergências à esquerda contra o fluxo oposto podem ser verificadas por um valor limite  $V_E = (1200 - v_0)$  carro-passeio por hora de verde (cpphv), onde  $V_E$  é a capacidade máxima de convergência à esquerda tolerada, e  $v_0$  é o volume do tráfego oposto, para todas as faixas, expresso em cpphv.  $V_E$  nunca poderá ser menor do que 2 cpphv, os quais realizarão as suas convergências na fase amarela. Esta checagem leva em consideração o fato dos veículos pesados do volume oposto poderem evitar convergir à esquerda, um fator desprezado pelo HCM-65.

Considerando o fato de que o estacionamento é uma das condições físicas e operacionais que tendem a reduzir a capacidade de uma interseção, geralmente, tal redução é causada pela perda de largura da aproximação devido a uma faixa de estacionamento, as manobras de estacionamento, o tempo de resposta do motorista, a possibilidade de visão para estacionar ou sair do estacionamento, ou uma combinação destes fatores.

O estudo de Yu, Jason C. e Vandyke, Henry C. (15) avalia o efeito das manobras de estacionamento na demora do tráfego da interseção, com interesse particular na distância de estacionamento da interseção para validar a consideração feita pelo HCM-65 (6), onde diz que se o estacionamento é permitido dentro de uma área à 75 metros da interseção a capacidade deverá ser determinada considerando a condição de estacionamento.

O que se concluiu é que as manobras de estacionamento durante a fase de verde produzem demoras significantes e se não consideradas poderia resultar em uma agregação falsa sobre o nível de serviço da interseção. Estas manobras afetam a capacidade da interseção, e a forma como elas interagem com os vários componentes da capacidade devem ser consideradas.

Os resultados mostram que não há diferença significativa de demora entre os volumes de veículos das aproximações com estacionamento a 60, 75 e 90 metros da interseção. Isto implica que a distância de estacionamento da interseção tem pouco ou nenhum efeito sobre a demora da aproximação, e assim não é significativa na capacidade da interseção, contradizendo o que diz o HCM-65(6).

A conclusão geral é que as manobras de estacionamento têm um efeito negativo sobre a capacidade da via. O estudo provou que o aspecto do efeito de estacionamento junto com uma manobra de estacionamento não tem efeito direto sob uma dada distância, mas poderia causar demoras em qualquer ponto antes de se alcançar a interseção.

#### 2.2.4 - Contribuição de 1976

Outro trabalho importante tratando de capacidade de nível de serviço de interseções veio a ser publicado no ano de 1976 por Salter(16), onde ele apresenta o método de Webster (8) de maneira sistemática e didática.

Sendo assim nesse trabalho,(na página 282), diz que "a capacidade de uma aproximação é medida independente do tráfego e das medidas de controle do tráfego da interseção, sendo expressa como fluxo de saturação".

As observações feitas pelo Road Research Laboratory em Interseções de Londres e outras grandes cidades,mostraram que o fluxo de saturação(s), expresso em carro-passeio por hora considerando a inexistência de estacionamento é dado por:

$$s = 525 \times L \text{ cpph}$$

onde L é a largura da aproximação em metros.

Obs: esta fórmula é aplicável a aproximações com largura maior que 5,5 metros.

Considera-se que o número máximo de veículos que pode atravessar a linha de parada da aproximação é igual ao fluxo de saturação multiplicado pelo verde efetivo e dividido pelo comprimento do ciclo. Ou seja,

$$c = s \times g/C$$

onde c é a capacidade, em veíc./h.

O cálculo do verde efetivo é dado pela fórmula:

$$g = G + A - T$$

onde:

$g$  é o verde efetivo, em segundos;

$G$  é o verde real, em segundos;

$A$  é o tempo de amarelo, em segundos; e

$T$  é o tempo perdido, em segundos, adotado como 3 segundos.

O ciclo ótimo é dado pela fórmula:

$$C_o = \frac{1,5L + 5}{1 - Y}$$

onde:

$C_o$  é o ciclo ótimo, em segundos;

$L$  é o tempo perdido, em segundos; e

$Y$  é a soma total das razões do fluxo ( $q$ ) da aproximação em relação ao fluxo de saturação( $s$ ). Ou seja,

$$Y = (q_1/s_1 + q_2/s_2 + \dots).$$

O estudo do capítulo 39 do efeito dos movimentos de convergência combinados com movimentos diretos diz que o tempo de verde saturado para o fluxo oposto é dado por  $g_s$ , e considerando um determinado fluxo de saturação, pode ser obtido pela equação:

$$g_s = \frac{(C - g)q}{s - q}$$

onde:

- $g_s$  é o tempo de verde saturado; em segundos;  
 $C$  é o comprimento do ciclo, em segundos;  
 $g$  é o tempo de verde efetivo, em segundos;  
 $s$  o fluxo de saturação, em cp/h; e  
 $q$  o fluxo, em veíc. por hora.

Então o verde não saturado pelo fluxo oposto é dado por:

$$g_u = g - g_s$$

Note-se que esta fórmula é usada no HCM-85(41).

A demora calculada é conforme dito anteriormente, segundo Webster e Cobbe(8).

$$d = C(1 - \lambda)^2 / 2(1 - \lambda x) + x^2 / 2q(1-x) - 0.65(C/q^2) \cdot x^{(2+5\lambda)}$$

onde:

- $d$  é a demora média por veículo, em segundos;  
 $C$  é o comprimento do ciclo, em segundos;  
 $\lambda$  é a proporção do ciclo que é efetivamente verde para a fase sob consideração (que é  $g/C$ );  
 $q$  o fluxo (veículo/hora);  
 $s$  o fluxo de saturação; em cp/h; e  
 $x$  o grau de saturação, o qual é a taxa de fluxo real pelo máximo fluxo que pode atravessar a aproximação (que é  $q/\lambda s$ ).

#### 2.2.5 - Contribuições de 1977

No ano seguinte, em 1977, três importantes trabalhos são



desenvolvidos na análise de capacidade e nível de serviço. O primeiro trabalho é o de Fambro, Messer e Andersen(17) , que desenvolvem um modelo matemático para calcular a capacidade de convergência à esquerda toleradas em interseções sinalizadas com controle de sinal pré-determinado, e chegam a conclusões, como por exemplo, o fato da demanda de convergência à esquerda ser carregada quando o volume oposto também o é. O segundo trabalho é realizado por Reilly e Gardner (20), que apresentam uma técnica precisa para medir a demora média veicular da aproximação utilizando quatro medidas de desempenho: demora parada, demora na fila, demora na aproximação e percentual de veículos pesados. O terceiro trabalho trata ainda da análise de nível de serviço, e é realizado por Sutaria e Haynes(21), que questionam a relação do nível de serviço como o fator de carga. Estes três trabalhos são apresentados detalhadamente logo abaixo de acordo com a ordem de apresentação.

Fambro, Daniel B., Messer, Carrol.J. e Andersen, Donald A.(17) desenvolveram um modelo matemático para calcular a capacidade de convergência à esquerda tolerada de uma interseção sinalizada com sinal de tempo pré-determinado. A capacidade depende principalmente do volume de convergência do tráfego oposto e do percentual de ciclo disponível para este movimento. Os parâmetros foram determinados baseados em estudos conduzidos em diversas cidades do Texas, U.S.A. O modelo foi utilizado para estimar a capacidade de convergência à esquerda tolerada para as condições com e sem faixa de convergência exclusiva.

O volume oposto variou de 200 a 1000 veículos em uma, duas, ou três faixas. As distribuições de verde variaram de 30% a 70% do ciclo.

As capacidades de convergência à esquerda previstas pelo modelo foram comparadas com as do HCM-65, e um acordo foi encontrado em uma divisão de verde de 50%; as diferenças significantes existiram entre as outras distribuições de verde.

Os resultados do modelo apresentam capacidades de convergência à esquerda menor do que a prevista pelo HCM-65 em taxas g/C menores do que 0,5. Quando as taxas são maiores eles prevêm uma capacidade maior. Isto indica que o modelo é comparável ao HCM-65 para estimar capacidade sob condições médias da interseção, contudo, o modelo é mais sensível do que o HCM-65 no que diz respeito às mudanças dessas condições médias.

O que se pode concluir, é que se a demanda de convergência à esquerda é carregada quando os volumes opostos são também carregados, então uma fase de convergência à esquerda protegida separada pode também ser necessária para reduzir as demoras sofridas pelos veículos de convergência à esquerda.

No mesmo ano Reilly, William R. e Gardner, Craig C. (20) apresentaram uma técnica precisa para medir a demora média veicular na aproximação. As definições precisas foram estabelecidas para quatro medidas de desempenho: demora parada, tempo de demora na fila, demora na aproximação, e percentual de veículos pesados.

A demora parada foi selecionada como sendo a mais re

presentativa da eficiência da interseção. Os valores obtidos de 10 interseções foram testados em laboratório, comparados estatisticamente com valores reais, tirados por fotografia. A amostra pontual, o procedimento de cálculo de demora parada, e o método do percentual de veículos parados foram selecionados dos métodos mais recomendados para uso prático e foram testados em campo em três locais.

Os objetivos deste estudo foram:

- identificar e definir as várias medidas de demora veicular na aproximação para interseções sinalizadas;
- selecionar a medida de demora mais apropriada para uso prático pelos engenheiros de tráfego, e
- desenvolver um método de campo para coletar os dados que preenchem os requisitos de cálculo da medida mais adequada.

Como conclusão, é recomendado que a amostra pontual, o estudo de demora parada usado por medidas de campo e o estudo de percentual de veículos parados é o procedimento mais prático e útil.

Em seu trabalho, Sutária, J.C. e Haynes, J.J. (21) questionam a relação do nível de serviço com o fator de carga, o qual apresenta problemas em relação a sua sensibilidade para baixos volumes de serviço.

Chega-se a conclusão de que o fator de carga é mais útil para previsão de nível de serviço do que a demora individual média, que foi testada e rejeitada. Um novo relacionamento foi desenvolvido entre a demora individual média, fator de carga, taxa v/c e o nível de serviço baseado em atitudes e percepção. Este relacionamento pareceu resolver o problema

associado com o fator de carga como o critério para o estabelecimento do nível de serviço. Os resultados mostraram flexibilidade de no sentido de que uma vez que se estabeleceu o nível de serviço baseado não somente no fator de carga, mas também na demora individual média e na taxa v/c.

#### 2.2.6 - Contribuição de 1978

Um dos inspiradores do HCM-85 é apresentado no ano seguinte, 1978, por Bang(23) na Transportation Research Record (TRR) nº 667. Este trabalho é o método sueco, baseado nos Manuais de Capacidade de 50 e 65, e entre os principais aspectos que serviram de inspiração ao HCM-85 foi o fato do cálculo das taxas de fluxo de saturação ser por faixa. O trabalho de descrição do método sueco feito por Bang(23) é apresentado logo abaixo.

Este trabalho expõe o método sueco, que é baseado nos Manuais de Capacidade de 1950 e 1965. O método calcula as taxas de fluxo de saturação para cada faixa, o que o torna aplicável aos projetos geométricos e esquemas de faseamento. Os fatores de ajustamento para o controle atuado são incluídos. Enfatiza as relações da largura da aproximação e a capacidade, conflitos entre convergências à esquerda e fluxos opostos. O faseamento é baseado no critério de demora média mínima proposta por Webster e Cobbe(8).

Foram 20 anos de cálculo de faseamento e capacidade na Suécia baseados num manual desenvolvido por Nordqvist (S. Nordqvist. Gators och vagars Kapacitet. IV A TFK-metod, Nº 39, 1958). Foi, no aspecto de convergência largamente baseado no HCM-50.

O HCM-50 e o HCM-65 possuem algumas desvantagens:

- eles não determinam o ciclo ótimo, e
- os valores das capacidades frequentemente diferem de 30% - 50% dos fluxos observados.

O Manual Sueco foi concluído e publicado em 1977, estando entre as suas principais considerações o fato da capacidade ser definida como o fluxo máximo sob determinadas condições.

Os objetivos principais do método eram os cálculos de capacidade, comprimento de fila, proporção de veículos parados e demora. Não incluindo aspectos tais como segurança, custos de capital, efeitos ao meio ambiente. Sendo baseado em modelos teóricos garantidos para um número limitado de estudos.

Ao identificar as razões reais para cada efeito, os fatores de ajustamento, tais como, tamanho da cidade e localização na cidade, podem ser considerados de menor importância ou até serem desprezados. Isto melhoraria grandemente a precisão dos resultados, como também a possibilidade de ser reproduzido.

Nele cada faixa é tratada individualmente, isto significa que o Método pode ser usado para praticamente todos os tipos de interseções e projetos de esquemas de faseamento. O procedimento de cálculo envolve os seguintes passos:

1. *preparação:*

- a. determinação do esquema de faseamento: divisão de faixas e tipos de faixa.

## 2. faseamento do sinal: 1ª etapa

b. cálculo do fluxo de saturação (s): é calculado para cada faixa e definido como o maior fluxo estável em veículos/hora de verde sob condições prevalentes. Primeiro, um valor base de s é obtido. Leva-se em consideração a proporção de convergências e o grau de conflito com os outros veículos e pedestres na mesma fase de verde. O valor básico do fluxo de saturação é ajustado para as condições prevalentes, tais como, a largura da faixa, a marcação das faixas, proporção de veículos pesados, greide, etc.

c. distribuição do fluxo nas diversas faixas: se o fluxo na faixa,  $q_i$ , não é conhecido,  $q_i$  é calculado tal que valores iguais de  $q_i/s_i$  sejam obtidos para faixa (s) adjascente(s) num sentido, ou seja:

Seja  $Q$  o fluxo total de uma aproximação com 2 faixas, então:

$$q_1 = Q \cdot \frac{S_1}{S_1 + S_2} \quad q_2 = Q \cdot \frac{S_2}{S_1 + S_2}$$

onde  $S_i$  ( $i=1,2,\dots$ ) é o fluxo de saturação da faixa  $i$ .

Isto significa que o motorista seleciona a faixa que minimiza a demora antes de atravessar a linha de parada.

d. identificação do ponto de conflito crítico da interseção: as taxas  $q_i/s_i$  são calculadas para ca

da faixa, e o conflito crítico é definido como o maior total das taxas  $q_i/s_i$  das faixas adjacentes,  $(q_i/s_i)$ , que é identificado pela soma

$$(q/s)_{\text{m\`a}x} = \sum_{i=1}^n (q_i/s_i)$$

que representa o grau de saturação da interseção se não houver perdas de tempo de verde efetivo.

- e. cálculo do ciclo, divisão do fluxo e tempo de verde: estes cálculos são feitos de acordo com Webster e Cobbe(8), dado o plano fásico do sinal que resulta na demora média mínima para uma operação de sinais de tempo fixo.

3. *faseamento do sinal: 2.<sup>a</sup> etapa*

- f. rever os passos de b-e para melhorar a precisão. O valor de  $s$  para as faixas de convergências em conflito com o fluxo oposto ou pedestres na mesma fase de verde é função do comprimento do tempo de verde e do ciclo. Esta 2.<sup>a</sup> etapa inclui procedimento de cálculo de  $s$  para tais faixas.

4. *consequências:*

- g. cálculo da capacidade, comprimento de fila, proporção de veículos parados e demora.

O Método Sueco está baseado na análise de correntes individuais de tráfego entrando na interseção, o que é melhor

do que aproximações da interseção agregadas, pois torna possível identificar as faixas críticas, como também, as aproximações críticas da interseção. Também fornece ao analista uma visão do potencial de desempenho da interseção através da identificação do grau de saturação. Além disto, o Método Sueco fornece uma técnica de distribuição volume-faixa única onde os fluxos das faixas são distribuídos em proporção aos valores de fluxo de saturação das faixas adjacentes. Tudo isto representa avanços substanciais em relação ao HCM-65 e que foram assimilados pelo HCM-85.

#### 2.2.7 - Contribuições de 1979

No ano de 1979, Agent e Deen(25) realizam uma pesquisa no estado de Kentucky com a finalidade de obter justificativas numéricas para a implantação de faseamento de convergência à esquerda protegido. No mesmo ano, no Brasil, o DENATRAN publica um manual de semáforos baseado no método de Webster e Cobbe(8), método que ainda continua a ser utilizado largamente em todo o Brasil à despeito do aparecimento do HCM-85. A sequência de trabalho de Agent e Deen(25) é descrita abaixo.

Agent, Kenneth e Deen, Robert(25) realizaram uma pesquisa no estado de Kentucky que compreende os seguintes estudos:

- dados de campo de demora e conflitos antes e depois da instalação de um semáforo.
- análise do efeito de acidentes ao adicionar uma fase de convergência à esquerda.
- o relacionamento entre os acidentes de convergência à es



- querda e os conflitos.
- a aceitação de brecha.
  - capacidade.
  - taxas de custo e benefício.

O objetivo do estudo foi o estabelecimento de justificativas numéricas para a implantação de uma fase de convergência à esquerda protegida, tratando com experiência de acidentes, demoras, volumes e conflitos de tráfego, supondo faixas de convergência à esquerda separadas.

Foram feitas pesquisas de justificativas para a implantação de faseamento de convergência à esquerda protegido em 45 estados americanos e somente 6 citaram justificativas numéricas.

Na análise dos fatores citados anteriormente, tiveram como resultados:

1. *acidentes*: foram estudadas 24 interseções num período aproximado de um ano. Verificou-se a redução de 85% nos acidentes de convergência à esquerda e o aumento de 33% do intervalo entre os acidentes, e ainda uma redução de 15% no total de acidentes. Os acidentes com lesões diminuíram de 13% para 11%.

Ao analisarem o número crítico de acidentes de convergência à esquerda pela equação:

$$N_c = N_m + k \sqrt{N_m} + 0,5$$

onde:

$N_c$  é o número crítico de acidentes por ano;

$N_m$  é o número médio de acidentes por ano; e  
 $k$  é uma constante relacionada com o nível de significância estatística selecionado (para  $P = 0.95$ ,  $K = 1,645$ ; para  $P = 0.995$ ,  $K = 2,576$ ).

Para  $P = 0.995$ , o número crítico de acidentes por ano por aproximação de uma interseção na cidade de Lexington, estado do Kentucky, foi de 4,0. O uso de alta probabilidade aumenta a possibilidade de selecionar melhoramentos de interseções que somente tenham problemas de convergência significantes. Portanto, 4 acidentes/ano de convergência à esquerda em uma aproximação a fariam ser crítica. Para 2 anos houve um número médio de 2 acidentes, o número crítico então seria 6. Para as 4 aproximações, de 1968 - 1972, o número médio foi de 2,1 (faixas de convergência em ambos sentidos sem fase separada). O número crítico para 1 ano foi 6. Para 2 anos, um número médio de 4 acidentes resultou num número crítico de 10 para as aproximações.

2. *demora*: foram estudadas três interseções semiatuadas. A demora de convergência à esquerda foi definida como o tempo para o veículo chegar na fila ou parar na linha de parada até a interseção ser liberada. O cálculo da demora total obedeceu a seguinte relação:

$$\text{demora total} = \text{número total de veículos parados} \times \text{o comprimento do intervalo.}$$

E o cálculo da demora por veículo obedeceu a seguinte relação:

demora por veículo = a demora total / volume da aproximação.

Os dados foram testados para 30 minutos da hora, em muitos casos uma média de 9h/dia para as três interseções.

3. *análise de benefício-custo*: os resultados da análise de benefício-custo mostraram que a economia tributável a redução de acidentes manteria o aumento do custo devido a demora. Quando a via tiver volumes de convergência à esquerda bastante altos em ambas as aproximações, o custo da demora será hem maior do que o benefício causado pela redução de acidentes.

Como conclusão, as seguintes recomendações são dadas como justificativas para a implantação de um faseamento protegido para convergência à esquerda:

1. *experiência com acidentes*: instalar um faseamento protegido para a convergência à esquerda se o número crítico de acidentes já tiver ocorrido. Para uma aproximação, 4 acidentes de convergência à esquerda em um ano ou 6 em 2 anos. Para quatro aproximações, 6 acidentes em um ano ou 10 em 2 anos.

2. *demora*: se ocorrer uma demora de convergência à esquerda de 2 veículos/hora ou mais na hora de pico.

3. *volumes*: quando o produto de convergência à esquerda pelo volume do fluxo oposto durante horas de pico exceder 100.000 veículos numa via de quatro faixas ou 50.000 com vias de 2 faixas. Também, o volume de convergência à esquerda deve ser no mínimo 50 durante o período de pico. Os volumes, nes-

tes níveis, indicam que mais estudos deverão ser feitos na interseção.

4. *conflitos de tráfego*: quando uma média consistente de 14 ou mais conflitos de convergência à esquerda total ou 10 ou mais conflitos básicos de convergência à esquerda ocorrerem na hora de pico.

#### 2.2.8 - Contribuição de 1980

A Circular 212 da Transportation Research Board (28) de 1980 pode ser considerada como um trabalho pioneiro na elaboração do HCM-85 já incluindo informações preliminares sobre os seguintes assuntos:

- procedimentos de estudo de capacidade de vias;
- análise de movimentos críticos;
- interseções não sinalizadas;
- coletivos;
- pedestres.

O projeto 3-28 - NCHRP(36) que consta na Circular 212, que trata da elaboração do novo HCM, está dividido em duas fases:

A primeira fase foi de determinação das necessidades dos usuários do HCM.

A segunda fase teve o objetivo de desenvolver um procedimento para avaliar a capacidade e o nível de serviço das vias rurais de 2 faixas e 2 sentidos, documentar o procedimento de forma apropriada para a inclusão do Manual revisado, desenvolver um procedimento para a análise da capacidade de interseções como uma unidade única e de cada aproximação da interseção. A FHWA - Federal Highway Weaving Administration desenvolveu um capítulo para a capacidade de artérias urbanas, sendo um trabalho conjunto com a agência

cia JHK & Associates e a Northwestern University.

O novo manual difere do HCM-65 em muitas coisas, incluindo:

1. haverá maior ênfase nas facilidades urbanas; i.e., interseções, artérias, trânsito e pedestres;

2. haverá mais de um nível de análise, i.e., planejamento, operação e projeto, para os vários capítulos, em alguns casos diferentes técnicas serão utilizadas em cada nível;

3. em geral, diversos novos procedimentos serão relativamente mais complexos a fim de fornecer considerações ainda não endereçadas em procedimentos anteriores (o aspecto negativo deste aumento de complexidade será marcado pela aplicação de cálculos interrelacionados);

4. os melhoramentos feitos atualizam os capítulos individuais. Cada capítulo terá uma mesma forma básica.

A organização do novo HCM que se manterá até 1985, com exceção do capítulo 15, será:

Parte I: Princípios de capacidade

Cap. 1: Introdução, definições e conceitos.

Cap. 2: Características de tráfego

Parte II:

Cap. 3: Segmentos Básicos da Via

Cap. 4: Áreas de entrelaçamento

Cap. 5: Rampas e Terminais de Rampa

Cap. 6: Vias: a facilidade total

Parte III: Vias Rurais

## Prefácio

Cap. 7: Vias de Multifaixas

Cap. 8: Vias de duas faixas

## Parte IV: : Vias Urbanas

Cap. 9: Interseções Sinalizadas

Cap. 10: Interseções não-Sinalizadas

Cap. 11: Artérias Urbanas e Suburbanas

Cap. 12: Coletivo

Cap. 13: Pedestres

Cap. 14: Bicicletas

Cap. 15: Sistemas Urbanos

O conteúdo da Circular 212 é variado e vem de inúmeras fontes. A primeira seção vem do Projeto 3-28 sob o título "Development of a Improved Highway Capacity Manual", conduzido por JHK & Associates e pela National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). Dois dos assuntos tratados (Análise de Movimentos Críticos e Interseções não-Sinalizadas) são obtidos de conhecimentos práticos reais.

A Circular 212 foi antecipada para servir de suplemento ao HCM-65 até que o novo manual fosse publicado.

O Projeto 3-28 trata do desenvolvimento de um manual de capacidade melhorado, e a seção de interesse neste trabalho é a Análise de Movimentos Críticos (pág. 5), que é baseada em estudos conduzidos nos anos 60 e 70. É de particular interesse o estudo conduzido por McNerney e Peterson (19) e por Messer e Fambro (18). O grupo do projeto, contudo, fez maiores mudanças. A análise de movimentos críticos permite ao

usuário do HCM analisar a interseção como um todo e o efeito no nível de serviço de projetos e mudanças operacionais podem também ser determinados. Os critérios de demora veicular esperada sob diferentes níveis de serviço são incluídos na Circular.

A técnica é dividida em aplicações de planejamento com cálculos rápidos e simples, e aplicações de projetos e operações para uma solução mais detalhada. Ambas aplicações são similares no conceito e ambas permitem analisar a operação de interseções com sinais de controle pré-determinado, atuado e sinais com multifase e sobreposição das mesmas. Para a determinação de capacidade e nível de serviço de uma aproximação de uma interseção isolada, o HCM-65 permanece ainda ferramenta principal até que o novo HCM seja produzido.

A análise de movimentos críticos ou análise de faixas críticas foi tratada em estudos de interseções em níveis separados, como técnica aplicada ao planejamento e para avaliar projetos alternativos. Em 1978 foi detectado pela NCHRP que muitos planejadores e engenheiros usavam o método, ambos para projeto geométrico e sinalização de tráfego detalhada. A técnica parece ter ganho maior aceitação não só na América do Norte. Um exemplo é o Manual de Capacidade Sueco(23) que contém uma forma de análise de movimentos críticos em seu capítulo de interseções.

A base crítica está no fato de que em cada interseção sinalizada há uma combinação de movimentos conflitantes que deve ser acomodada. Resguardando a complexidade da interseção e suas operações de sinais de tráfego, os volumes críti-

cos, quando estabelecidos por faixa, não podem ser fisicamente acomodados acima do limite de 2000 carros-passeio por hora e por tempo de verde, e na prática, não podem ser acomodados além de 1500 a 1800 cpphv. Os últimos valores levam em consideração o "headway" temporal entre veículos sucessivos, a demora inicial de largada para uma fila de veículos e o tempo perdido devido a intervalo de troca do sinal. Muitos pesquisadores têm proposto fórmulas para calcular a capacidade de uma única faixa, entre eles:

1. Berry-Gandhi (12)

$$\text{Cap} = \frac{3600(G + \lambda Y - D + H)}{CH}$$

onde:

Cap é a capacidade da aproximação sinalizada, em vph;

D é a demora inicial de largada, em segundos;

H o headway médio para todos os veículos de um pelotão compacto que atravessam a linha de referência (geralmente a linha de parada, em segundos);

$\lambda$  é a proporção do comprimento de indicação do amarelo num ciclo, considerando até o tempo em que o último veículo no pelotão compacto atravessa a linha de referência;

C o comprimento do ciclo, em segundos;

G o comprimento da indicação verde, em segundos; e

Y o comprimento da indicação de amarelo, em segundos.



## 2. Messer-Fambro(18)

$$\text{Cap} = \text{SG/C}$$

onde:

- C é o comprimento do ciclo, em segundos;  
 S o fluxo de saturação, em carro-passeio por hora de verde, medido empiricamente como no método Australiano (10, 11) e considerado como 1800 cpphv como um valor típico para uma faixa com movimento direto; e  
 G o tempo de verde efetivo, em segundos.

## 3. Método Inglês(8)

$$\text{Cap} = \frac{160 \text{ WG}}{\text{C}}$$

onde:

- W é a largura da faixa, em pés;  
 G o tempo de verde efetivo, em segundos; e  
 C o comprimento de ciclo, em segundos.

## 4. HCM-65(6)

Cap = fluxo de saturação x G/C x FHP em relação a população (tabelado) x conv. à esquerda (tabelado) x convergência à direita (tabelado) x veículos pesados (tabelado).

onde FHP é o fator hora de pico.

Vários cálculos foram feitos com estas fórmulas e outras também a título de comparação e os resultados indicaram

que houve muito pouca variação no valor usado para capacidade de uma faixa, quando empregado um mesmo caso para todas as fórmulas, considerando uma largura de faixa padrão de 3,7 metros, em interseções sinalizadas urbanas com condições de tráfego ideais (sem veículos pesados, ônibus ou convergências). A maior parte dos modelos mostrados apresentaram a capacidade em torno de 900 cp/h de verde efetivo (g/C), com taxa G/C de 0,5. O método inglês apresentou um valor de capacidade 12% mais alto e o HCM-65 10% mais baixo. Porém, por causa da concordância da maioria, um valor médio de 1800 carro-passeio por hora de verde para uma faixa padrão de 3,7 metros, sendo faixa de tráfego direto, com nenhum ônibus, veículo pesado, convergências ou pedestres, pode ser usado como valor base para a capacidade da técnica de análise de movimentos críticos, valor esse adotado no HCM-85.

Os fatores que são considerados de principal importância na modificação desse valor de capacidade são:

1. largura da faixa
2. ônibus e veículos pesados
3. operações de parada de ônibus
4. convergências à esquerda
5. convergências à direita e atividades de pedestres
6. atividade de estacionamento
7. características de pico (FHP).

Outros fatores, tais como, greides, tipo de motorista, podem ser importantes na modificação do valor da capacidade, mas poucas pesquisas têm sido desenvolvidas nestas áreas. Tam

bém, a medida em campo do fluxo de saturação permite ao usuário estabelecer o valor de capacidade para qualquer interseção ou faixa sem explicitamente definir cada fator modificante.

A seguir faz-se uma descrição mais detalhada dos fatores considerados de principal importância:

1. Largura da faixa:

Usando os procedimentos do método Australiano(10,11), os ajustamentos de capacidade foram feitos em função das larguras das faixas:

Tabela 2.1

Larg. faixa (pés)	8.00	9.00	13.00	14.00	15.00
(metros)	2.40	2.70	4.0	4.3	4.6
Valor ajustado	-12%	- 7%	+ 3%	+ 4%	+ 6%

considerado 1m = 0.305 pé.

Fonte: Circular 212(28), pág. 8.

De forma geral, reunindo os estudos de Berry-Gandhi(12), Messer-Fambro(18) e do método Australiano (10,11), os seguintes fatores são recomendados:

<u>8.0-9,9 pés</u>	<u>10.0-12.9 pés</u>	<u>13.0-15.9 pés</u>
fator = 1.10	fator = 1.00	fator = 0.90

Fonte: Reilly, W.R. (36) ou Circular 212(28), pág. 8.

2. Ônibus direto e veículos pesados:

Os veículos pesados e ônibus que não têm uma parada designada na interseção sob análise (chamados de ônibus diretos) reduzem a capacidade porque o "headway" temporal desses

veículos levam uma média de 2,0 segundos implicados por um conjunto de capacidade em 1800 cpphv.

Há dois meios de valiação: no 1º, cada veículo pesado ou ônibus pode ser convertido num número equivalente de carro-passeio, e o volume usado na análise estabelecida em termos de carro-passeio por hora é melhor do que veículos mistos por hora. O 2º meio de avaliação está na capacidade da faixa poder ser reduzida e análise estabelecida usando veículos por hora. O equivalente de carro-passeio(CPE) para veículos pesados e ônibus direto do HCM-65 pode ser inferido dos fatores de ajustamento usados. Quando um valor de CPE é 2.0, na essência significa dizer que o "headway" temporal é duas vezes maior que o do carro-passeio.

3. Operações de parada (manobras) de ônibus: o efeito de uma manobra adjacente a uma faixa de tráfego aumenta o "headway" temporal médio. No desenvolvimento do HCM-65(6), o valor do CPE para ônibus local variou de 1.00 a 7.00. Uma pesquisa futura é esperada para resultar numa definição mais clara dos impactos na demora e capacidade devido a manobra de ônibus. Como um valor médio para se aplicar na análise de movimentos críticos, um valor de 5,0 para cada ônibus local parece razoável. Isto implica num "headway" médio de 10 segundos por ônibus. O efeito da parada de um ônibus varia de acordo com a localização da parada, configuração da faixa, atividade de estacionamento e outros fatores. Contudo até mais pesquisas serem feitas, o valor de 5,0 por ônibus parece ser um valor médio útil.

Tabela 2.2 - Valores de CPE: efeitos de convergências à esquerda.

conv. esquerda tolerada em faixa dividida				
1. Nenhuma fase de convergência <sup>a</sup> .				
vel. oposto (vph)	0-299	300-599	600-999	+1000
1 conv. esq. igual	1.0CPE	2.0CPE	4.0CPE	6.0CPE
2. com fase de converg. 1 conv. à esquerda é igual a 1,2 CPE				
conv. esq. tolerada de bainhas exclusivas				
3. nenhuma fase de convergência.				
vol. oposto (vph)	0-299	300-599	600-999	+1000
1 conv. esq. igual	1.0CPE	2.0CPE	4.0CPE	6.0CPE
4. com fase de converg. 1 conv. esquerda é igual a 1,05 CPE				

a. esses valores são recomendados na análise de planejamento.

Fonte: Reilly, W.R. (36) ou Circular 212(28), pág. 9.

#### 4. Convergência à direita e atividades de pedestres:

Para simplificar, o efeito de convergência à direita na capacidade das interseções pode ser considerado como zero se pouca ou nenhuma interferência de pedestres paralela conflitante ocorrer. Se a atividade de pedestres existir e for considerável, então o veículo de convergência à direita terá um efeito similar a um ônibus local, criando um "headway" médio temporal muito maior e produzindo também uma demora veicular bem maior.

Um estudo nos documentos Australianos (10,11) indica que as faixas com atividade de convergência à direita devem apresentar uma redução na capacidade veicular de 15 a 30%. O

HCM-65(6) indica um CPE de aproximadamente 1,5 para convergência à direita de uma aproximação de 2 faixas. Contudo, para aproximação de faixa única este valor pode chegar a 4. O método inglês utiliza um valor CPE de 1,25 para convergência à direita (que são convergências à esquerda na Inglaterra) quando as convergências à direita são maiores que 10% do tráfego total. Os CPE da Austrália são 1,25 e 2,50 para convergência à direita de carro-passeio e veículos pesados, respectivamente.

Na técnica de Messer-Fambro(18), um ajustamento de convergência à direita é feito baseado no raio da esquina e no percentual do tráfego que converge à direita. Também, um ajustamento é feito para os veículos que podem convergir à direita no vermelho. Tais ajustamentos não são de principal importância e não são incluídos no estudo de movimentos críticos apresentados nessa Circular.

Os valores de CPE para convergência à direita recomendados na análise crítica são dados abaixo:

Tabela 2.3: Valores de CPE para convergência à direita.

Tipo de atividade	valores de CPE para conv. direita
1. Pouca atividade de pedestre (0 a 99 peds/h)	1.00
2. Atividade moderada (100 a 599 peds/h)	1.25
3. Fluxo pesado de pedestres (600 a 1.199 peds/h)	1.50
4. Atividade extremamente pesada (1.200 ou mais peds/h)	2.00 ou mais*

\* como determinado pelas condições locais.

Fonte: Reilly, W.R. (36) ou Circular 212(28), pág.10.

### 5. Atividade de estacionamento:

Poucos trabalhos têm sido feitos sobre o assunto. Contudo, a Inglaterra usa uma fórmula para calcular estes efeitos:

$$\text{Perda de largura na aproximação} = 5,5 - \frac{0,9(Z - 25)}{K}$$

onde:

Z é a distância de visibilidade, da linha de parada ao carro estacionado; e

K o tempo de verde, em segundos.

Na fórmula inglesa, considerando um tempo de verde de 30 segundos, infere-se que não há efeito na capacidade se o estacionamento estiver a 200 pés (61m) ou mais distante da linha de parada. Muitas técnicas americanas não consideram explicitamente uma redução na capacidade devido a estacionamento, se o estacionamento estiver além de 75 metros da interseção. Para o estacionamento que se estende dentro da área de 75 metros, o usuário deve usar o julgamento no valor ou da largura adicional ganha do ponto onde o estacionamento é proibido. Devido a falta de um conjunto de pesquisas definitivas dos efeitos de estacionamento, este fator não é incluído no procedimento de movimentos críticos.

### 6. Características de hora de pico:

Para converter as taxas de 15 minutos em volumes horários, algum tipo de fator deve ser usado. Messer-Fambro (18) indicam que o fluxo de pico de 15 minutos ao longo de artérias urbanas consistentemente excedem as horas de pico em

20% a 30%. No HCM-65(6) uma condição média em interseções urbanas é considerada como sendo um fluxo de pico de 15 minutos que excederá o fluxo médio de 15 minutos em 15%. Estes resultados no fator hora de pico é de 0,85. Geralmente FHP variará de acordo com a taxa v/c, tamanho da cidade e tipos de atividades adjacentes. Os dados que levaram a publicação do HCM-65(6) indicaram que o valor médio de FHP é 0,85. Assim o valor médio de FHP (se nenhuma informação adicional estiver disponível) que será considerado na análise de movimentos críticos é 0,85. A importância de FHP é que a capacidade básica de 1800 cp/hv por faixa é baseada na consideração de que FHP é 1.00 (o fluxo na hora de pico é uniforme nos períodos de 15 minutos). Se fosse considerado 100% do tempo de verde em uma faixa de tráfego ideal, a taxa de fluxo máxima no período de 15 minutos seria de 450 (i.e.,  $1800 \div 4$ ) carros-passeio. Se um FHP de 0,85 for usado, a taxa de fluxo correspondente expressa em termos de volume horário será: volume horário (cp/h) = FHP x 4 x (taxa de 15 minutos mais alta).

Para um FHP 0,85 representa uma redução de 15% no volume numa base horária quando comparada com as condições onde FHP é igual a 1.00.

Outros fatores que, também, podem ser considerados são os seguintes:

#### 1. Utilização de faixa:

A análise de movimentos críticos é baseada em volume por faixa. Assim, para movimentos de convergência e diretos poderá ser estimado o volume de cada faixa afetada, e desta maneira o volume de faixa maior poderá ser identifica



do pela análise.

Estudos indicam que o movimento de tráfego carregado em duas faixas pode se dividir em 55% e 45% por faixa. Considerando três faixas a divisão pode ser de 40%, 35% e 25%.

Na análise de movimentos críticos proposta por Messer-Fambro(18) um fator de utilização de faixa é aplicado. Para duas faixas, uma distribuição de 45% e 55% foi verificada. Para três faixas, 40% do movimento total pode ocorrer na faixa mais utilizada.

Os usuários do HCM até então, têm usado análises baseadas na consideração de que o volume é distribuído aproximadamente igual por faixa, especialmente sob condições de pico.

Os fatores de utilização de faixa são modificados de acordo com a experiência operacional. Para o uso nas aplicações de projeto e operação os ajustamentos médios para a utilização de faixa de 1,05 e 1,10 são recomendados para 2 e 3 faixas, respectivamente. Estes ajustamentos aumentam o volume de carros-passeio para veículos em 2 ou 3 faixas devido a variação de volume por faixa.

Tabela 2.4 - Ajustamento de utilização de faixa.

faixas utilizadas	1	2	3
fator de utilização (U)	1.00	1.05	1.10

Fonte: Reilly, W.R. (36) ou Circular 212 (28), pág. 11.  
 Note-se que estes valores serão adotados pelo HCM-85.

## 2. Níveis de Serviço x Demora:

A demora será o principal determinante do nível de serviço da interseção no novo HCM. Os valores de demora ain-

da não são dados como parte integrante do procedimento de análise de movimentos críticos, mas são apresentados como um passo inicial no desenvolvimento dos valores de demora os quais podem ser relacionados com o nível de serviço. Os valores de demora x nível de serviço são apresentados logo abaixo na tabela 2.5 não levando em consideração o relacionamento entre os sinais adjacentes.

Tabela 2.5 - Demora e Nível de Serviço.

Nível de Serviço	Taxa v/c típica	Demora (seg./veíc.)
A	0.00 - 0.60	0.00 - 16.00
B	0.61 - 0.70	16.1 - 28.00
C	0.71 - 0.80	22.1 - 28.00
D	0.81 - 0.90	28.1 - 35.00
E	0.91 - 1.00	35.1 - 40.00
F	várias	40.1 ou mais

Fonte: Reilly, W.R.(36) ou Circular 212(28), pág. 12.

Como pode ser verificado na apresentação da Circular 212, várias tabelas utilizadas nos procedimentos de cálculo do HCM-85 foram retiradas da Circular. Entre estas as tabelas 2.2 e 2.4, além da taxa de fluxo de saturação ideal recomendada de 1800 cp/hv.

#### 2.2.9 - Contribuições de 1983

A Research Results Digest 140 de fevereiro de 1983 sob o título de "Development of a New Highway Capacity Manual" forneceu a situação das pesquisas desenvolvidas até então para o HCM-85, conduzidas pela NCHRP, FHWA e o Comitê da Transportation Research Board (TRB) sobre a capacidade de

vias, qualidade de serviço e outros. Cerca de 36.000 propostas foram enviadas até então, propostas estas que substituirão o HCM-65 por um conjunto totalmente novo de técnica de análise de capacidade que refletirá os avanços tecnológicos e mudanças de condições de tráfego ocorridas nos últimos 20 anos.

Neste ano, ainda, Cronjê(34) apresenta um trabalho de análise das fórmulas existentes de cálculo de demora e número médio de paradas para condições não saturadas, chegando a conclusões importantes. E May(35) avalia os seis métodos mais conhecidos para a análise de capacidade e nível de serviço de interseções sinalizadas. Estes trabalhos encontram-se resumidos a seguir.

Uma análise é feita por Cronjê, W.R. (34) entre as fórmulas existentes para o cálculo de demora média, demora excedente e número médio de paradas para condições não saturadas. Os exames destas fórmulas cobrem uma ampla variação nos fluxos e comprimentos de ciclo. As fórmulas examinadas são as desenvolvidas por Webster(8), Miller (10,11) e Newell(7).

É concluído que as fórmulas de Newell dão resultados mais precisos, quando comparadas com as outras fórmulas:

#### 1. Webster(8)

$$d = [C(1-\lambda^2)/2(1-\lambda x)] + [x^2/2(1-x)q] - 0.65(C/q^2)^{1/3} \cdot x^{(2+5\lambda)}$$

$$Q_0 = q[d - 0.5 \cdot C(1 - \lambda)] \quad Q_0 < 0$$

## 2. Miller (10, 11)

1º tipo:

$$d = \left[ \frac{(1-\lambda)}{2} (1-\lambda x) \right] \left\{ C(1-\lambda) + \left[ \frac{(2x-1)I}{q(1-x)} \right] \right\} + \frac{(1+\lambda x-1)}{S}$$

$$Q_0 = 0 \quad \text{para} \quad x \leq 0.5$$

$$Q_0 = \frac{I(2x-1)}{2(1-x)} \quad \text{para} \quad x > 0.5$$

2º tipo:

$$d = \left[ \frac{(1-\lambda)}{2} (1-\lambda x) \right] \left\{ C(1-\lambda) + \exp\left[-\frac{4}{3}\right] \left[ (\lambda C_S)^{0,5} \frac{(1-x)}{x} \right] \right\} \frac{I}{q(1-x)}$$

$$Q_0 = \exp\left[-\frac{4}{3}\right] (\lambda C_S)^{0,5} \left[ \frac{(1-x)}{x} \right] \frac{I}{2(1-x)}$$

## 3. Newell(7)

1º tipo:

$$d = \left[ \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} \right] + \left[ \frac{I.H(\mu)x}{2(1-x)} \right]$$

$$Q_0 = \frac{I.H(\mu)x}{2(1-x)}$$

2º tipo:

$$d = \left[ \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} \right] + \left[ \frac{I.H(\mu)x}{2q(1-x)} \right]$$

onde:

d é a demora média (seg./veíc.);

Q<sub>0</sub> o excesso médio de demora no fim de ciclo;

Y=q/s=a taxa de chegada média para o fluxo de saturação;

λ=g/C=proporção do ciclo que é verde efetivo;

g é o tempo de verde efetivo, em segundos;

I a taxa de variância x média de fluxo por ciclo;

- x a taxa do número médio de chegadas por ciclo vezes o número máximo de partidas por ciclo;
- C o comprimento do ciclo, em segundos;
- q o número médio de chegadas por unidade de tempo; e
- s o fluxo de saturação, em veíc./seg.

Obs.:  $H(\mu) = \exp[-\mu - (\mu^2/2)]$ , onde  $\mu = (1-x) \cdot (s.g)^{0,5}$

#### Conclusões e Recomendações do estudo:

- . da inspeção de demora média feita, está claro que as fórmulas de Newell dão uma aproximação melhor do que as outras, como já dito anteriormente. A Newell 1 é um pouco melhor do que a Newell 2, porém, para propósitos práticos, esta diferença é desprezível.
- . da inspeção dos valores de demora excedente, observou-se que a Miller 2 se aproximou mais dos valores simulados do que as outras. Contudo, desde que Newell é, para propósitos práticos, uma equação precisa, e desde que, a equação Newell 2 tem sido sugerida para calcular demora, ambas são recomendadas para calcular a demora média e a demora excedente.
- . da inspeção do número médio de paradas, segue as mesmas razões do caso de demora média excedente. A equação de Newell para a demora média excedente é também preferível para calcular o número médio de paradas.

No trabalho de May, Adolf, E.; Gedizlioglu; Ergun e Tai Lawrence (35) o objetivo foi de avaliar seis métodos dispo-

níveis usuais para a análise de capacidade e o desempenho do tráfego em interseções sinalizadas. Os seis métodos foram os seguintes: HCM-65(6), método inglês(8), método sueco(23), Circular 212 da TRB(28), o método australiano(10,11), e o método da NCHRP(36).

Esta avaliação foi baseada na aplicação dos seis métodos num conjunto de dados de 5 interseções, para as quais não só os dados de entrada estavam disponíveis, mas também, as medidas de campo do fluxo de saturação, demoras e percentuais de veículos parados. Os sinais das 5 interseções variaram de interseção para interseção, com projeto geométrico simples com sinais bifásicos de tempo pré-determinado e interseções mais complicadas com sinais multifásicos semiatuados. Os critérios de custo e eficácia foram estabelecidos a fim de avaliar os seis métodos. Os critérios de custo incluíam o tempo necessário para aprender o método, dados necessários, claridade e abrangência da metodologia, e o tempo necessário para aplicar o método. Os critérios de eficácia incluíam o grau de desagregação, saídas da capacidade-desempenho, flexibilidade de uso e precisão nas previsões.

As conclusões incluíam a identificação das limitações do estudo, resultados significantes, e direções de pesquisa futura. O método de operação da NCHRP e o método australiano foram considerados como os métodos maiores custos-efetivos. Os outros métodos foram aproximadamente iguais em custo-eficácia. O método de planejamento da NCHRP foi tido como o mais aceitável, visto que o nível de esforço disponível é limitado e somente uma visão geral da interseção é necessária.

## 2.2.10- Contribuições de 1984

Em 1984, Fruin e Benz(38) desenvolveram um modelo de tempo de travessia de pedestres tendo como dados de entrada o número de pedestres, algo que até o momento nos procedimentos existentes não era levado em consideração, o comprimento da faixa de travessia de pedestres e a largura da faixa. No mesmo ano, Virkler e Guell(39) realizaram também um estudo de travessia de pedestres e desenvolveram um procedimento de projeto melhorado para considerar o faseamento do sinal para pedestres.

Considerando o fato de que até então os procedimentos existentes para a determinação do tempo de travessia eram inadequados, pois desprezavam o número de pedestres, Fruin, J.J. e Benz, G.P.(38) realizaram um estudo de travessia em 6 localidades mostrado em grupos grandes com "headways" aproximadamente uniformes, e velocidades também. Os "headways" são próximos a 6,7 segundos por pedestre e a velocidade em torno de 4,5 pés/seg (o que equivale a 1,35 m/seg.). Um modelo de tempo de travessia foi desenvolvido e os dados de entrada foram o número de pedestres, comprimento da faixa de travessia e a largura da faixa.

Os procedimentos mais usados tratam o tempo de travessia como uma função da largura da faixa para pedestres dividida pela velocidade. Contudo, o tempo de travessia é também uma função do número de pedestres.

O propósito desse estudo foi desenvolver um procedimento de projeto melhorado considerando os pedestres no faseamento do semáforo, sendo os dados de travessia examinados.

No procedimento do projeto a seguinte equação é recomendada para o cálculo do tempo de travessia.

$$T = t + (L/V) + H(N/W)$$

onde:

- T     é o tempo de travessia, em segundos;  
t     o tempo que o pedestre leva para dar início a sua travessia (adotado como 3 segundos);  
L     o comprimento da faixa de travessia, em pés ou metros;  
V     a velocidade de travessia dos pedestres (4,5 pés/seg.);  
H     o "headway" temporal entre os pedestres (considerado como 6,7 seg./ped.);  
N     é o número de pedestres;  
W     é a largura da faixa, em pés ou metros.

O tempo para o pedestres dar início a sua travessia é um valor recomendado pelo Interim Materials (Circular 212, ref. 28) da TRB. A velocidade de travessia e o "headway temporal" foram encontrados nesse estudo.

Já existem técnicas mais recentes para determinar o tempo de travessia de pedestres, mas são adequados apenas a pequenos números de pedestres.

O trabalho de Virkler, M.R. e Guell, D.L.(39), como o anterior, considera o fato de que até então os procedimentos usados para determinação do tempo de travessia de pedestres desprezavam o número de pedestres.

Um estudo em 6 localidades foi realizado com grupo de pedestres com headway aproximados de 6,7 seg. por pedestre e velocidades de 4,5 pés/seg.(1,35 m/seg.).

O propósito do estudo foi desenvolver um procedimento de projeto melhorado para considerar o faseamento do sinal para pedestres.



Virkler e Guell recomendaram a mesma fórmula encontrada por Fruin e Benz(38).

#### 2.2.11 - Contribuições de 1985

A investigação do efeito das mudanças nas características veiculares nos volumes máximos para vários níveis de serviço foi efetuada no ano de 1985 por Radwan e Kalevela(42), e entre as suas conclusões está a precisão da previsão da relação de Greenshields(9) de velocidades críticas e volumes máximos. Um outro trabalho importante, foi a comunicação à comunidade norte-americana do Guia de Capacidade Canadense feita por Teply(43), onde expõe os aspectos e as técnicas associadas ao método. Ainda neste ano, Wortman, Witkowski e Fox(44) publicam uma avaliação do comportamento dos motoristas em interseções sinalizadas. Maiores detalhes destes trabalhos são expostos em ordem de apresentação logo abaixo.

Radwan, A. Essam e Kalevela, Sylvester(42) conduziram análises estatísticas num conjunto de dados de fluxo de tráfego para investigar o efeito das mudanças nas características veiculares dos volumes máximos para vários níveis de serviço dos resultados obtidos da análise de modelos de fluxo de tráfego e "headways" temporais verificando-se que as mudanças nas características veiculares não têm influência significativa nos parâmetros de capacidade da via.

Então de forma explícita, os objetivos foram:

1. investigar as relações de fluxo-densidade-velocidade sob condições de tráfego reais. O conjunto de dados foi coletado em 1980 para representar as condições de tráfego reais. Esta análise envolveu uma estimativa dos parâmetros de fluxo

de tráfego obtidos de modelos de densidade-velocidade. As capacidades de previsões foram comparadas em termos de resultados de testes estatísticos e inspeção de dados de fluxo.

2. a avaliação dos volumes de carro-passeio máximos possíveis sob condições de operação aplicáveis a níveis de serviço específicos. Os volumes estimados foram calculados de acordo com as velocidades previstas e as densidades especificadas no Interim Materials (Circular 212, ref.28) do HCM-65.

Em adição, a análise de "hedways" temporais e de fluxo próximo a capacidade foi conduzida para suplementar os esforços para estimar os volumes máximos possíveis de fluxo de capacidade nas seções da via sob condições de tráfego similares aquelas dos dados analisados.

Chegaram então as seguintes conclusões:

1. entre os modelos de densidade, a curva exponencial de Underwood(9) prevê a maior capacidade. A curva logarítmica de Greenberg(3) é a segunda maior precisão de capacidade.

2. o valor de densidade de congestionamento estimada pelo modelo linear de Greenshields(9) é maior do que o previsto pelos outros modelos.

3. a relação de Greenshields(9) é a mais precisa na previsão de velocidades críticas, apesar da tendência de subestimar a densidade de congestionamento, ela é melhor do que os outros modelos na previsão de valores razoavelmente altos de volume máximo. Seu mérito está na estimativa de ve

localidades críticas e dos volumes máximos aparentemente superestimados em seus resultados.

4. os valores de volumes de carro-passeio máximos obtidos na análise dos dados sugerem que as condições que afetam as características do fluxo do tráfego são provavelmente com pensadas tal que as macrocaracterísticas do fluxo de tráfego permanecem essencialmente inalteradas.

O objetivo de Teply, S.(43) foi o de informar a comuni dade de pesquisa norte-americana sobre o documento Canadian Capacity Guide (Manual de Capacidade Canadense) em seus as pectos filosóficos e técnicas associadas. Na essência, a aná lise de capacidade é baseada no procedimento do fluxo de saturação por faixa, que permite a calibração em função das condições locais.

O procedimento de ajustamento do fluxo inclui as se guintes situações para faixas com movimento direto:

1. condições geométricas:

- . largura da faixa
- . greide
- . espaço para a formação e abandono de filas

2. condições de tráfego

- . trânsito público
- . estacionamento
- . duração do intervalo de verde

. no que se refere a convergências: as condições geométricas (raio de convergência) e as condições de tráfego (fluxos opostos, pedestres e efeito da combinação de movimento

tos em faixas divididas).

Os critérios de desempenho das interseções são os seguintes:

- . taxas v/c da faixa (ou aproximação)
- . capacidade reserva de faixa
- . capacidade reserva da interseção
- . demora média da faixa
- . facilidade de abandono de fila.

Alguns novos aspectos de faseamento e análise podem ser identificados:

1. os cálculos são baseados em demanda ao invés de volumes fornecidos. Note que uma distinção importante é feita entre "demanda" e volume "fornecido". Os estudos tradicionais de interseções consideram somente os volumes dos movimentos individuais dentro do espaço da interseção. Isto representa volumes fornecidos, porque ele é limitado a capacidade fornecida pelos aspectos geométricos de faseamento da facilidade. Consequentemente, o fornecimento da taxa de volume x capacidade não pode exceder a 1.0. Os volumes de demanda representam o número de veículos que se aproximam da interseção. Ele é contado de um final da aproximação da interseção ou derivados de modelos de demanda. Como o resultado, sob condições de crescimento de fila, a taxa de demanda de volume x capacidade pode ser maior que 1.00.

2. as unidades de carros-passeio equivalentes canadenses para diferentes categorias de veículos foram estabelecidas com base no impacto interativo de veículos.

3. os intervalos de amarelo, períodos de interverde, e critérios de segurança para pedestres são componentes inerentes aos procedimentos.

4. os valores básicos de fluxo de saturação facilitam um ajuste no processo de acordo com a situação.

5. os valores do fluxo de saturação variam com as características sócio-econômicas da comunidade, e não exatamente pelo seu tamanho.

6. o efeito das condições ambientais é identificado.

7. o impacto de intervalos de verde longos é quantificado.

8. o procedimento de Webster(8) para determinar o fluxo de saturação para convergências à esquerda considerando o fluxo de tráfego oposto é simplificado.

9. os fatores para ajustamento do fluxo de saturação não são necessariamente multiplicativos.

10. os fatores de convergências baseados nos valores do fluxo de saturação são introduzidos como medidas no procedimento para a alocação de volume nas faixas e para a determinação dos fluxos de saturação ajustados para faixas com uma combinação de movimentos.

11. o procedimento permite verificar os resultados intermediários para situações existentes.

12. vários critérios simultâneos são usados para avaliar o desempenho da interseção relacionado com a capacidade.

13. os parâmetros de alocação do intervalo de verde podem ser selecionados como base nos objetivos do projeto.

Um estudo conduzido em 1981 por Wortman, Robert H., Witkowski, James e Fox, Thomas C. (44) intitulado "An Evaluation of Driver Behavior at Signalized Intersections" (Uma avaliação do comportamento de motoristas em interseções sinalizadas) foi realizado pela Universidade do Arizona e pela Universidade Estadual do Arizona. Os resultados desse estudo foram publicados em janeiro de 1983 pelo Departamento de Transportes do Arizona num artigo com o mesmo título e escrito pelos seus autores. Um resumo deste estudo foi publicado pelos autores ao trabalho.

Baseados nesse trabalho prévio, em 1985 Wortman, Witkowski e Fox realizaram uma pesquisa adicional com 2 fases. A fase 1 envolvia estudos adicionais e características de tráfego e do comportamento do motorista envolvendo condições e situações que não haviam sido incluídas na pesquisa anterior.

As interseções dos estudos de campo forneceram informações de influência da (a) variação da duração do intervalo amarelo, (b) o efeito de comportamento destas mudanças por parte do motorista, e (c) os greides das aproximações da interseção.

A fase 2 focalizou o desenvolvimento de critérios para intervalos de troca de sinais com base nas leis locais e nas informações disponíveis. Nessa revisão bibliográfica são resumidos os resultados da parte 1 desse projeto de pesquisa.

Antes e depois dos estudos foram examinadas duas inter

seções com a finalidade de avaliar a influência da extensão da duração do intervalo amarelo. Geralmente, a maior diferença que resultou foi um intervalo de amarelo de 4 segundos ser preferível a um de 3 segundos, o que provocou uma redução percentual dos últimos veículos de movimento direto entrando na interseção com a indicação do sinal vermelho. O efeito do cumprimento por parte do motorista das mudanças foi verificado ao colocar uma viatura policial situada na aproximação da interseção. Assim, houve uma redução no percentual de veículos que entraram na interseção no intervalo de vermelho. Outras medidas das características do tráfego e do motorista mostraram-se geralmente insignificantes.

Uma análise maior dos dados estabeleceu ainda outras conclusões:

1. a presença de um veículo policial no local de estudo geralmente não afeta as características de tráfego e o comportamento do motorista. Com o veículo policial no local, o percentual de veículos entrando na interseção durante a indicação de sinal vermelho foi reduzido. A extensão da duração do intervalo amarelo, foi contudo, mais efetiva na redução deste percentual.

2. nenhum relacionamento foi encontrado entre o tempo de resposta do motorista e a distância da interseção em relação ao estabelecimento do intervalo amarelo, velocidade de aproximação ou taxa de desaceleração. Análises posteriores serão necessárias para determinar se o tempo de resposta é uma função combinada dessas variáveis.

### 2.3 - Estudos Referentes a Contribuição do Manual de Capacidade (HCM-85)

Conforme um trabalho de Roess, Roger F.(55) sob o título de "Development of Analysis Procedure for Signalized Intersections in the 1985 Highway Capacity Manual"(Desenvolvimento do Procedimento de Análise de Interseções Sinalizadas do Manual de Capacidade 1985) esta contribuição é analisada.

O HCM-85 como um todo obedeceu a formulação inicial descrita na Circular 212(28) com exceção do Capítulo 15 proposto na mesma sobre Sistemas Urbanos que não foi incluído.

Os procedimentos de análise de interseções sinalizadas tratado no capítulo 9 do HCM-85(41) são complexos e refletem a complexidade real das relações desses pontos de conflitos críticos no sistema de vias. Os conceitos e lógicas por detrás do desenvolvimento destes procedimentos são documentados com um foco de revisão feitas em estudos publicados e não publicados que fizeram parte da preparação final do Manual.

A preparação do material-fonte para interseções sinalizadas do HCM-85 foi a tarefa mais difícil e complexa. A mudança do HCM-65 é completa, envolvendo uma nova abordagem de análise e medidas de nível de serviço radicalmente diferentes. Dois objetivos gerais foram seguidos:

1. o novo HCM usaria a análise de movimentos críticos como base de análise de interseções sinalizadas, e
2. a medida de eficácia para o nível de serviço seria a demora.



A análise de movimentos críticos não era uma nova metodologia (28). Bruce Greenshields a desenvolveu nos anos 40 como uma metodologia para faseamento de sinais, e tinha calibrado taxas de fluxo de saturação e tempos perdidos. Os ingleses e australianos adotaram e calibraram a análise de movimentos críticos como uma técnica de análise de capacidade e incluíram em metodologias publicadas em seus próprios manuais de análise de projeto de vias.

Nos anos 70, diversos pesquisadores americanos, incluindo Donald Berry da Northwestern University e Carrol Messer do Texas Transportation Institute, conduziram estudos para adaptar estes procedimentos às interseções americanas. Como uma abordagem analítica, a análise de movimentos críticos fornece um modelo mais preciso para a operação de interseções sinalizadas.

A mudança para demora como uma medida de eficácia foi igualmente lógica. O uso do fator de carga no HCM-65 resultou em confusão considerável, pois era difícil medir com precisão e consistência em campo. Além disto, o HCM-65 considerava que o fator de carga e a demora eram bem correlacionados. Por volta de 1970, um grande número de estudos que foram publicados, notavelmente por Adolf May da Universidade da Califórnia em Berkeley (35) derrubaram esta teoria. A demora foi uma alternativa mais atrativa. Poderia ser medida em campo com pouca dificuldade e sob condições de operação estáveis e mais precisa, imediata e diretamente relacionada com a percepção do motorista usuário da interseção.

O primeiro passo para uma nova metodologia foi dado na Circular 212(28) da TRB. Como parte do projeto NCHRP 3-28 (36), JHK & Associates(30) adaptou os resultados de diversos estudos publicados na forma de procedimento de análise de movimentos críticos. A fonte principal foi o trabalho de Carol J. Messer(18). O método apresentado foi uma análise de movimentos críticos que resultou em estimativas das taxas de volumes x capacidade (v/c) prevalentes em vários grupos de faixas de aproximações da interseção. A metodologia do material-fônte foi, contudo, revisada de inúmeras maneiras, baseada em recomendações do grupo do Projeto 3-28(36), do grupo Polytécnico do Projeto 3-28 B, e do Committee on Highway Capacity and Quality of Service.

*Estrutura básica do procedimento:* os materiais - fonte estão contidos em dois níveis de análise:

A análise operacional que é fornecida para cobrir quase todas as situações nas quais o projeto geométrico, sinalização, e os volumes de demanda são medidos ou projetados. Devido ao grande número de variáveis envolvidas no procedimento, o mesmo foi desenvolvido em formato modular para simplificar os cálculos. A análise operacional do HCM-85 é apresentada como um método para determinar as taxas v/c e as demoras (nível de serviço) de interseções sinalizadas, dada uma descrição da demanda de tráfego, semaforização, e projeto geométrico da interseção. O Manual também fornece condições de sequências alternativas computacionais usando o mesmo procedimento. A análise conduzida em cada módulo é descrita de

acordo com o diagrama apresentado (figura 2.1).

1. *Módulo dos Dados de Entrada*: este módulo é meramente para fornecer especificações sobre o tráfego existente ou projetado, projeto geométrico, e das condições de sinalização da interseção que será analisada.

O Manual requer dados como:

a. o fluxo de pedestres, os quais influenciam os fatores de ajustamento de convergência à direita.

b. greides das aproximações, os quais influenciam ambos carro-passeio e veículos pesados.

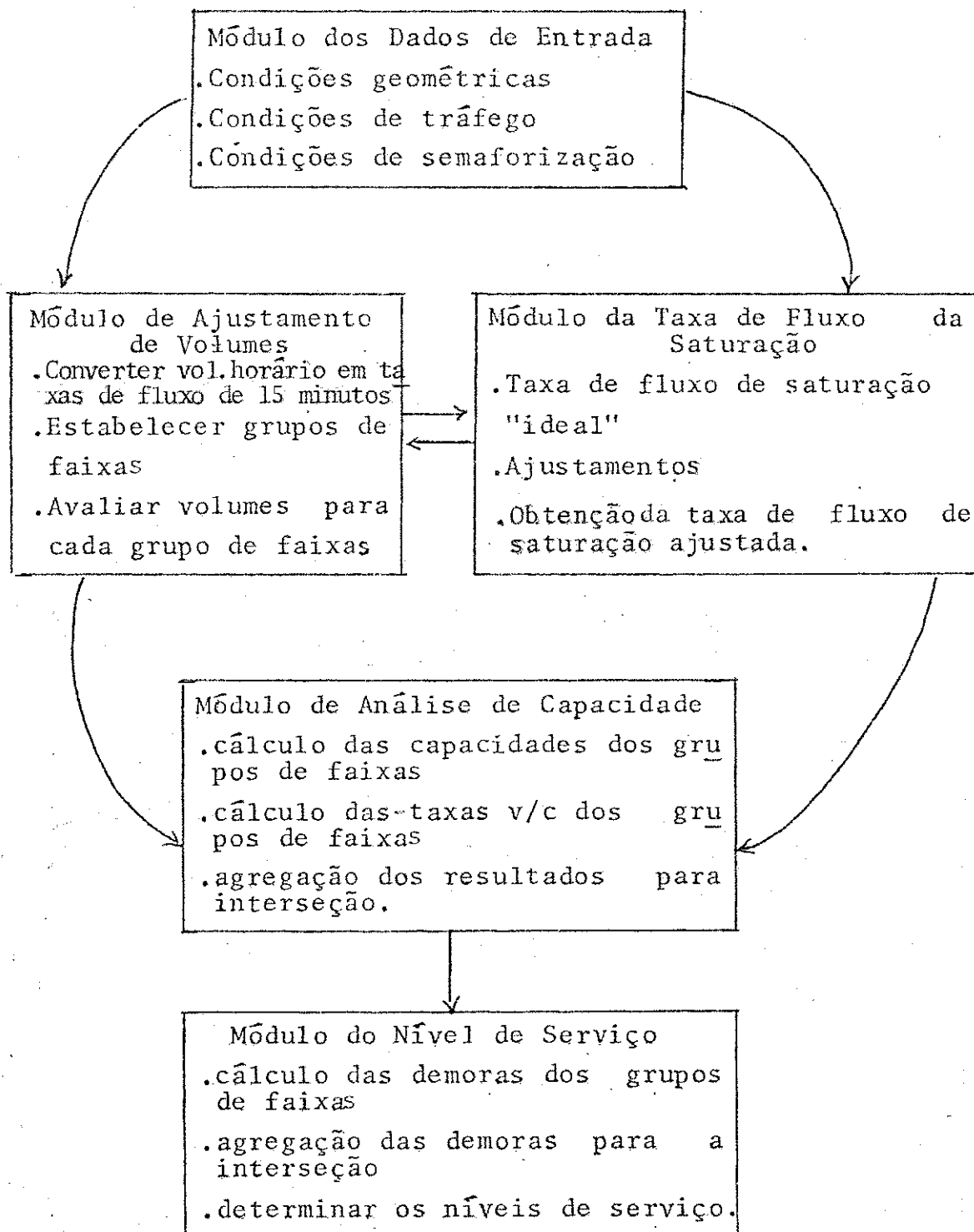
c. manobras de estacionamento por hora dentro de uma área que fique a 75 metros da interseção. O estacionamento cria fricção devido a presença de veículos estacionados, e bloqueiam a faixa da direita com a necessidade de espaço para a entrada de veículos e o espaço para a saída dos mesmos.

d. tipo de chegada, os quais são descritores da qualidade de progressão, com um impacto maior nas estimativas de demora.

Para auxiliar o analista a tratar com dados não disponíveis, valores são sugeridos no Manual para vários deles, contudo é preferível obter os valores em campo.

2. *Módulo de ajustamento de volume*: os volumes são ajustados para refletir as taxas de pico do fluxo, os grupos de faixas para a análise são definidos, e um fator de ajustamento de uso das faixas pode ser aplicado. Os resultados da análise irão depender da abordagem tomada. Para evitar confusão,

Figura 2.1 - Diagrama dos módulos da análise operacional.



Fonte: fig.9-1, cap.9 do HCM-85.

o grupo do Projeto 3-28 B (36) da Polytechnica University estabeleceu um conjunto de procedimentos para desagregar a interseção em grupo de faixas. Em geral, um conjunto de faixas da aproximação deve ser analisado como um único grupo se não houver restrições. Nesse caso considera-se que os motoristas selecionarão sua faixa para estabelecer um equilíbrio de operação. Aonde existirem impedimentos, tais como o fornecimento de faixas de convergência exclusivas, um grupo de faixa separado deve ser estabelecido.

3. *Módulo da taxa de fluxo de saturação:* a taxa de fluxo de saturação é calculada para um grupo de faixas. Uma taxa de fluxo de saturação de 1800 carro-passeio por hora de verde por faixa é usada, sendo ajustada para oito fatores (largura de faixa, greide, veículos pesados, condições de estacionamento, bloqueio de ônibus, tipo de área, convergência à esquerda, e convergência à direita). A taxa de fluxo de saturação é o número máximo de veículos que pode ser acomodado pelo grupo de faixas se o sinal estiver sempre verde para aquelas faixas. Muitos destes fatores são simples tabulações tiradas diretamente das fontes, e outros fatores foram um pouco alterados, como por exemplo, veículos pesados, para refletir pesquisas mais recentes realizadas no estado do Texas (inéditas). O fator do tipo de área foi de alguma forma controversa naqueles fatores que normalmente se acreditaria ser levado em consideração para um ajustamento em qualquer procedimento. A base de dados da JHK & Associates (30) indicou que um meio ambiente geral de uma CBD leva a redução de aproximadamente 10% da capacidade e dos fluxos de serviço. Assim, o fator é mantido

e recomendado para uso. Os fatores de convergência à direita e esquerda, contudo, experimentaram extenso desenvolvimento através dos materiais-fonte na preparação do Manual. Documentados completamente em notas técnicas inéditas pelo Committee on Highway Capacity and Quality of Service, as mudanças refletiram alguns dados adicionais, algumas interpretações revisadas de dados existentes, e o uso de médias harmônicas para calcular casos complexos de faseamento protegido e tolerado e de convergências em faixas divididas. Os fatores de convergências cobrem oito casos diferentes sob as condições nas quais as convergências são realizadas. As mudanças mais dramáticas dos materiais-fonte envolveram convergências à esquerda protegidas ou toleradas. Estudos anteriores desenvolvidos na Austrália, Inglaterra e Estados Unidos já consideravam que as convergências toleradas procuravam brechas no fluxo oposto em uma taxa calibrada para o período inteiro de verde. Para o HCM-85 esta taxa foi calibrada como 1400-v. O modelo do estudo de convergência à esquerda adotado foi o desenvolvido primeiramente por Carrol J. Messer (18), e adotado somente após ficar claro que nenhuma metodologia mais simples eliminaria a superprevisão da capacidade de convergência à esquerda a qual resultaria da consideração da introdução da fase de verde inteira.

4. *Módulo da análise de Capacidade:* as taxas v/c para cada grupo de faixas e para a interseção como um todo são calculadas. Os grupos de faixa críticos são identificados, e os faseamentos podem ser estimados se eles não forem conhecidos.

Nesse módulo, são feitas manipulações algébricas simples de taxas de fluxo de saturação de grupo de faixas e taxas de fluxos de demanda para cada grupo de faixas e para a interseção como um todo.

5. *Módulo do Nível de Serviço*: a demora média parada individual para cada grupo de faixas, aproximação e interseção como um todo é estimada, e os critérios de nível de serviço são aplicados.

A forma algorítmica básica foi tomada do Australian Road Capacity Guide(10), desenvolvida principalmente por Alcelik(29). A JHK & Associates(30) revisou a fórmula para melhor refletir os dados de demora obtidos em interseções americanas. Carrol Messer introduziu maiores modificações na chamada de equação norte-americana, que tinha uma forma mais simples, resultados similares aos encontrados nas fórmulas australianas e de JHK & Associates, e que pareciam ter um potencial maior de previsão da demora onde a taxa v/c era marginalmente maior do que 1.0. A equação de Messer foi adotada pelo HCM-85(41) para o cálculo de demora.

Os fatores de ajustamento de progressão foram modificados através de materiais-fonte baseados em sugestões de Donald Berry(12) e outros.

O outro nível de análise é a de planejamento, que estabelecida para usos onde poucos detalhes estivessem disponíveis, tais como, sinalização, e, além disto, com a finalidade de uma análise mais geral para o futuro. A análise de planejamento foi adotada diretamente de materiais-fonte, ex-

ceto com a modificação do tratamento da aproximação com faixa única, onde os volumes equivalentes foram preferidos aos volumes reais. Esses são baseados em equivalentes de convergência à esquerda, e são usados para abranger a fricção adicional de uma aproximação com faixa única comparada com as de faixas múltiplas. A segunda modificação considera que as convergências à esquerda em um sentido são auxiliadas pelas convergências à esquerda no sentido oposto, que no efeito criam uma brecha na corrente de tráfego.

A metodologia do HCM-85 é algo muito complexo. A complexidade de cálculo pode ser aliviada pela disponibilidade de software de microcomputadores para se copiar os procedimentos. É, contudo, um maior avanço no entendimento de como as interseções operam, e é sensível a uma grande variedade de fatores que os engenheiros de tráfego devem regularmente tratar. Nem todas as questões têm sido resolvidas, e a pesquisa deve continuar, porém, o procedimento é uma boa ferramenta que servirá para os profissionais da área nos anos que se seguirem.

## 2.4 - Estudos Posteriores ao Manual de Capacidade (HCM-85)

### 2.4.1 - Contribuição de 1980

Após a publicação do HCM-85, em 1986, Cronjé(46) examina as equações de demora existentes e recomenda o modelo de distribuição probabilística geométrica(MGM) como o mais confiável para otimizar os sinais de tráfego de tempo fixo. Um outro trabalho realizado nesse ano foi por Berry e Pfefer(45) tendo entre seus objetivos a identificação do relacionamento



entre a demora e as taxas v/c para grupos de faixas de interseções sinalizadas. Lin(47) examina as equações existentes para o cálculo de intervalo de troca e propõe um modelo mais lógico e generalizado. Stokes(48) estima uma taxa de fluxo de saturação de 1600 vph de verde para faixas de convergência à esquerda duplas e Upchurch(50) propõe critérios de convergência. Todos estes trabalhos encontram-se em maiores detalhes logo abaixo em ordem de apresentação.

As equações predominantes para a estimativa de demora para as condições não saturadas desenvolvidas por Webster (8), Miller(11) e Newell(34) foram examinadas por Cronjé, Wilhelm R.(46), o qual verificou que estas são somente confiáveis para graus de saturação (X) no intervalo  $0 < X < 0.9$ . Modelos confiáveis têm sido desenvolvidos para  $X > 1.1$ . Nesse intervalo, o tráfego pode ser tratado deterministicamente. Contudo, no intervalo  $0.9 \leq X \leq 1.1$  a abordagem determinística falha e um modelo baseado na abordagem probabilística faz-se necessário para o estudo da demora do fluxo de tráfego. Devido a estas condições supersaturadas existentes nos períodos durante as horas de pico nas condições urbanas, o modelo ideal seria aquele aplicável sobre o intervalo inteiro do grau de saturação. Até então só existiam dois modelos encontrados na literatura, por isso Cronjé(46) sugeriu um modelo confiável para o intervalo de transição ( $0.9 \leq X \leq 1.1$ ) de subsaturação para supersaturação.

Este modelo seria baseado no processo de Markov e na distribuição probabilística geométrica, referida como MGM.

Nesse trabalho o MGM é comparado com as duas outras literaturas existentes, a de Mayne e a de Catling, na base de custo. As taxas monetárias são consideradas como medidas de eficácia, chamadas de demora total e número de paradas, para um grande intervalo de comprimento de ciclo, fluxos e grau de saturação. A base de comparação entre os modelos é a simulação.

O que foi verificado em seu estudo é que o modelo MGM é o preferível para estimar o custo no procedimento de otimização de interseções sinalizadas com sinal de tempo fixo e com condições subsaturadas e supersaturadas. O modelo MGM estima o custo numa média consideravelmente menor do que os modelos de Mayne e Catling, ficando claro que este modelo estima o custo mais precisamente. Sendo, conseqüentemente, recomendado para otimizar os sinais de tráfego de tempo fixo.

Berry, D.S. e Pfefer, R.S.(45) desenvolveram um estudo com os seguintes objetivos: (a) identificar o relacionamento entre cálculos de demora e taxas v/c para grupos de faixas em interseções sinalizadas; (b) determinar como resolver para uma taxa v/c e taxa de fluxo de serviço quando o valor de demora do nível de serviço desejado é conhecido;(c) examinar os métodos para usar os níveis de serviço baseados em demora, no projeto geométrico da interseção e faseamento.

A análise de sensibilidade revela muitas combinações de comprimento de ciclo, taxas v/c e progressão que resultam em altas demoras que os níveis de serviço A, B e C são inaceitáveis, mesmo em baixas taxas. A tabela proposta envol

veu o cálculo da demora parada para diferentes combinações de comprimento de ciclo, taxas g/C (verde efetivo) e categorias de progressão:

Comprimento do ciclo(seg.)	taxa g/C
60	0.3, 0.5, 0.6, 0.7
90	0.2, 0.5, 0.7
120	0.2, 0.4, 0.5, 0.6

e o fluxo de saturação adotado foi de 3200 vpphv.

Os cálculos foram feitos para uma aproximação de uma interseção típica com duas faixas de movimentos direto e de sinal com controle de tempo fixo ou pré-determinado. A demora parada para chegadas randômicas foi calculada pela equação 9-18 do HCM-85(41). Os resultados foram então multiplicados pelos fatores de ajustamento da qualidade de progressão (tabela 9-13 do HCM-85 (41)).

O que se conclui com estes estudos é que a demora como critério para o nível de serviço afetará sem dúvida os procedimentos de escolha do comprimento do ciclo e o faseamento do sinal isolado. O estudo inicial de combinações pode ser útil numa análise preliminar de planos alternativos de projeto geométrico e de faseamento. Para acompanhar a demora, pode ser desejável adicionar critérios que especifiquem as taxas v/c como um suplemento aos critérios de demora para um nível de serviço no intervalo projetado. O sugerido por experiência é o seguinte:

Nível de Serviço	v/c não deve exceder
A	0.85
B	0.90
C	0.93

Este critério suplementar permitirá a situação na qual o projetista, necessitando de altas demandas de serviço, selecionará altos valores de v/c que sejam possíveis para os intervalos de demora desejados. O uso de tais taxas altas poderá resultar prontamente em demoras excessivas quando um pequeno aumento ocorrer excedendo os volumes de projeto. Pode-se notar que, muitas combinações de comprimento de ciclo, taxas v/c e progressão resultaram em altas demoras mesmo em níveis de serviço A, B e C.

As práticas existentes nos projetos de faseamento de intervalos de troca podem variar consideravelmente. As necessidades de intervalo de troca observadas por Ling Fengbor (47) indicaram que os modelos de faseamento baseados na especificação de um tempo de reação constante e a taxa de desaceleração podem não explicar adequadamente as necessidades do motorista, já que o mesmo poderá ser afetado por inúmeros fatores. Até agora não tem havido nenhum consenso sobre o comprimento do intervalo de troca. O Manual on Uniform Traffic Control Devices dos EUA(24) sugere uso de intervalo de troca entre 3 e 6 segundos.

Para fornecer um método sistemático de cálculo de intervalo de troca, Gazis, Herman e Maradudin(4) desenvolveram a seguinte equação baseada em observações teóricas.

$$T = t + (V/2a) + [(W + L)/V] \quad (1)$$

onde:

- T    é a troca de intervalo, em segundos;  
t    ó tempo de reação do motorista, em segundos;  
V    a velocidade de aproximação do veículo, em pés/seg.;  
a    a taxa de desaceleração, em pés/seg<sup>2</sup>;  
W    a largura da aproximação da interseção, em pés; e  
L    o comprimento do veículo, em pés.

A equação foi modificada de diversas maneiras: Williams (22) adicionou outro elemento para levar em consideração o tempo necessário para um veículo no tráfego direto chegar ao ponto de conflito:

$$T = t + (V/2a_1) + [(W + L)/V] - [K + (2D/a_2)^{1/2}] \quad (2)$$

onde:

- t    é o tempo de reação (1,1 segundos);  
V    a velocidade do 85º percentil de velocidade da aproximação;  
a<sub>1</sub>   é a desaceleração aceita pelo 85º percentil de tempo (6,5 pés/seg<sup>2</sup>.);  
L    o comprimento do veículo (17 pés);  
K    o tempo de reação do motorista de tráfego direito;  
D    é a distância entre veículos no tráfego de movimento direto, em pés; e  
a<sub>2</sub>   é aceleração máxima do tráfego direto (16 pés/seg<sup>2</sup>.).

Com base em considerações teóricas, Parsonson e Santiago (27) ajustaram a taxa de desaceleração levando em considera

ção o greide, de forma  $a \pm 0.322G$ , onde  $G$  é o greide em percentual, passando a fórmula a ser:

$$T = t + [V/2(a \pm 0.322G)] + [(W + L)/V] \quad (3)$$

O efeito do greide na taxa de desaceleração foi examinado por Chang, Messer e Santiago (40) baseados em observações feitas em campo. Eles encontraram que os greides compreendidos entre  $+1\%$  e  $+6,5\%$  poderiam ser levados em consideração ao usar  $a=10,5 \pm 0,075G$ . Com base nesse relacionamento a equação se transformou mais uma vez ficando assim:

$$T = t + [V/2(10,5 \pm 0.075G)] + [(W + L)/V] \quad (4)$$

Estudos práticos recomendaram a fórmula 2 como confiável. Uma análise de regressão linear indicou que os primeiros dois termos da equação 1 podem ser combinados em um único termo constante para formar um modelo da forma  $T=A+B[(W+L)/V]$ . Este modelo é muito mais lógico do que uma generalização da equação 1 ao explicar os intervalos de troca observados, e implica no fato de que o uso de um intervalo constante de amarelo na maioria das interseções pode ser uma aproximação racional.

Os objetivos do estudo de Stokes, Robert W., Messer Carol J. e Stover, Vergil G. (48) foram desenvolver uma estimativa de fluxos de saturação para faixas de convergência à esquerda duplas, e investigar as características operacio

nais e físicas da interseção que podem afetar o fluxo de saturação. Os resultados são baseados em 3.458 convergências à esquerda realizadas em faixas de convergências duplas em 14 aproximações de interseções em Austin, College Station, e Houston, Texas. Baseados nos resultados desse estudo e numa revisão dos dados de um número limitado de estudos relacionados, uma taxa de fluxo de saturação de aproximadamente 1600 vph de verde por faixa apareceu como sendo um valor recomendável para quase todas as aplicações de planejamento. Essa taxa de fluxo pode ser atribuída para ser encontrada para o 3º veículo da fila em diante. Também, essa taxa de fluxo aparenta ser aplicável nas condições de tráfego misto, nas quais os veículos pesados constituem mais do que 3% - 5% do volume de tráfego de convergência à esquerda.

Baseado no fato de que até o momento, não há nenhum método uniforme de aplicação do faseamento de convergência à esquerda nos Estados Unidos, pois critérios são baseados no efeito de diferentes tipos de faseamento na demora de convergência à esquerda, demora do veículo de movimento direto, e na segurança de operação da interseção, Upchurch, Jonathan E.(50) apresenta neste trabalho critérios que selecionam o tipo de faseamento de convergência à esquerda, volume oposto, número de faixas opostas, comprimento de ciclo, velocidade de aproximação, restrições de distância de visibilidade, e histórico de acidentes.

Há três tipos de faseamento de convergência em geral:

1. permitido (tolerado): os veículos são tolerados de

fazerem uma convergência em indicação do verde real, mas devem atravessar o tráfego oposto.

2. protegido: os veículos têm direito a fazerem uma convergência com uma indicação de verde somente a seu favor.
3. protegido/tolerado: os veículos seguem para fazerem uma convergência numa indicação de verde a seu favor, mas após a exclusividade ter terminado, no último caso, eles terão que atravessar o tráfego oposto.

Um excelente resumo já foi preparado em um estudo realizado por Agent(25). Upchurch observa os critérios apresentados por Agent e baseado num estudo de 6 interseções em áreas urbanas (Phoenix, Arizona), e obtém as seguintes observações:

1. é geralmente aceito pela comunidade de engenharia de tráfego que com o faseamento tolerado 2 veículos passam convergir à esquerda num final de verde após a interseção ter sido liberada. Se a demanda de convergência à esquerda na hora de pico for maior, então o faseamento exclusivo/ tolerado será necessário para acomodar as convergências à esquerda.

2. para interseções com 2 faixas opostas:

- a. o faseamento tolerado trabalha bem quando o produto pelo movimento direto é bem menor do que 1000 veículos<sup>2</sup>/5 minutos (144.000 veíc.<sup>2</sup>/h).

- b. o faseamento protegido/tolerado reduz significativamente a demora de convergência à esquerda (quando comparado com o tolerado) quando o produto pelo volume direto excede 1000 veíc.<sup>2</sup>/5 min. (144.000 veíc.<sup>2</sup>/h).



c. o faseamento protegido/tolerado resulta numa demora de convergência à esquerda significativamente menor do que o faseamento protegido em todos os volumes de serviço.

3. Nesse estudo é mostrado que para as interseções que operam em três faixas:

a. o faseamento tolerado trabalha bem quando o produto pelo volume direto é menor do que  $700 \text{ veíc.}^2/5$  minutos ( $100.000 \text{ veíc./h}$ ), e

b. acima de  $100.000 \text{ veíc.}^2/h$ , usar faseamento protegido que resultam em demoras mais baixas de convergência à esquerda.

4. Em diversos exemplos de guias usados por agências, é recomendado que o faseamento protegido, melhor do que o protegido/tolerado, deva ser usado quando o tráfego de convergência à esquerda atravessa 3 ou mais faixas de tráfego direto oposto. Tal estudo faz parte do trabalho do Institute of Transportation Engineers da Flórida(31).

5. Similarmente, é sugerido que o faseamento protegido, melhor do que o protegido/tolerado deve ser considerado quando o limite de velocidade do tráfego oposto é maior do que 45 mph (milhas por hora), o que equivale a 75 km/h (1 milha é igual a 1609 metros). Em altas velocidades é mais difícil para o motorista convergir à esquerda, pois dependerá do seu julgamento de brechas aceitáveis.

6. A distância de visibilidade restrita do tráfego oposto cria situações potenciais de acidentes. A distância de

visibilidade pode ser restrita por causa do projeto geométrico da via ou por causa das convergências opostas. Um estudo na Flórida (31) recomenda o uso de faseamento de convergência à esquerda protegido quando a distância de visibilidade falha ao encontrar os seguintes critérios: 250 pés (75m) para velocidades de 35 mph (56km/h) ou menores, e 400 pés (125m) para velocidades maiores que 35 mph (56 km/h).

7. O faseamento de convergência à esquerda separado pode reduzir os acidentes de convergência à esquerda.

Os dados necessários para o uso dos critérios desenvolvidos nesse estudo são:

- . volume de convergência à esquerda (horário) durante a hora de pico (usar a hora de maior demanda de convergência à esquerda como opção).

- . comprimento do ciclo

- . volume oposto durante a hora de pico (ou a maior demanda de convergência à esquerda).

- . o número de faixas opostas

- . a distância de visibilidade disponível

- . a velocidade do tráfego oposto

- . o histórico de acidentes, incluindo os de convergência.

#### 2.4.2 - Contribuições de 1987

No ano de 1987, Berry(51) volta a discutir a utilidade do uso de taxas v/c para complementar a demora na determinação do nível de serviço e propõe estes critérios de forma quantitativa. Bonneson e McCoy(52) levantam questões sobre o

faseamento protegido/toleradas de faixas de convergências à esquerda exclusivas e propõem mudanças no procedimento do HCM-85. McCoy e Navarro(54) avaliam o tempo perdido adicional causado por convergências à esquerda toleradas.

A utilidade do uso de taxas v/c para adicionar-se a demora média parada a fim de determinar o nível de serviço em sinais de tráfego quando operando em condições próximas da capacidade foi estudada por Berry, Donald S.(51). Os resultados indicavam que os critérios de taxa v/c poderiam ser aplicáveis para identificar os níveis B,C,D e E e para muitas combinações de faseamento. Os planos de faseamento que usam comprimento de ciclo mais curtos e g/C mais longos beneficiam-se demais, por causa do uso anterior de somente o critério de demora média parada para aqueles casos onde frequentemente as taxas v/c excedem a 1.0, a fim de atender um nível de serviço B,C,D e E. O uso da equação 9-18(41) seria permitido quando houvesse um excesso na fila no início de um período de 15 minutos de análise, ou quando a duração desse excesso de fila atingisse mais de 15 minutos de análise.

A demora parada é totalmente um critério efetivo para níveis de serviço sob condições descongestionadas, porque os níveis de serviço mais altos são atribuídos as aproximações com baixas demoras devido aos seus comprimentos de ciclo mais curtos, com taxas g/C mais amplas, e progressão favorável. O uso de v/c para critérios de nível de serviço seria atribuído ao mesmo nível de serviço em taxas v/c baixas resguardan-

do o fato da demora parada estar entre 5 e 50 segundos por veículo. Para situações congestionadas, quando v/c aproxima-se ou excede a 1.0, o uso de demora parada somente para identificar os níveis de serviço pode ser impróprio.

Os critérios de nível de serviço em interseções devem ser suplementados pelo uso de taxas v/c, como segue:

Nível de serviço	Demora média parada (seg./veic.)	taxa v/c
A	$\leq 5$	$\leq 0.9$
B	5.0 - 15	$\leq 0.9$
C	15.1 - 25	$\leq 0.93$
D	25.1 - 40	$\leq 0.95$
E	40.1 - 60	$\leq 1.00$
F	$\geq 0.60$	$\leq 1.00$

Estes valores são passíveis de maiores estudos.

Os métodos alternativos para prever a demora excedente deverão ser considerados para refinar os procedimentos do capítulo 9 do HCM-85(41). Na existência de interseções supersaturadas, medidas ou estimativas de comprimentos médios de filas excedentes são úteis na determinação da demora excedente.

Bonneson e McCoy(52) levantam questões bastante fortes sobre o faseamento protegido/tolerado de faixas de convergência exclusivas, mostrando a necessidade de revisão do capítulo 9 do HCM-85(41). Identificando omissão da metodologia no cálculo 3 do Sample Calculations (p.9-50) ao não mostrar a segunda equação (eq. 9-22.b), a qual é usada em comparação com a primeira (eq. 9-22.a), para se definir a capacidade de

convergência tolerada..

Sugere a reconsideração do uso da taxa de fluxo ajusta do recomendando-o no lugar do  $S_{op}$  (taxa de fluxo de saturação do fluxo oposto), parecendo ser redundante calcular uma taxa de fluxo de saturação novamente quando um valor mais apropriado já foi calculado.

Esta é provavelmente a contribuição mais efetiva para o melhoramento da metodologia do Manual, cujas modificações resultariam em resultados bastante significantes.

Os objetivos do estudo de McCoy, Patrick T. e Navarro, Ulises(54) foram o de determinar o tempo perdido adicional causado por convergência à esquerda tolerada, além disto, avaliar os efeitos do tempo perdido adicional na capacidade e no projeto de faseamento do sinal. As conclusões foram as seguintes:

1. os fatores de convergência à esquerda toleradas aumentam significativamente o tempo perdido subsequente as fases de convergência à esquerda protegidas exclusivas, e conseqüentemente, reduz as capacidades das fases de convergência à esquerda protegidas.

2. a quantidade de tempo perdido adicional experimentada pela fase de convergência à esquerda depende no número de convergências feitas no final da fase anterior e do greide da faixa exclusiva da qual as convergências são feitas.

3. nas fases de convergência protegidas de faixas exclusivas de aproximações em nível o tempo perdido adicional é de 1.28 segundos por travessia.

4. nas fases de convergência à esquerda protegidas feitas de faixas exclusivas com greides negativos, o tempo perdido adicional é de 1,02 seg. por travessia.

O tempo perdido adicional pode reduzir a taxa de capacidade e substancialmente aumentar o comprimento do ciclo necessário. Contudo, a significância desses efeitos relativos a eficiência operacional de uma interseção depende das condições prevalecentes envolvidas. Os resultados dessa pesquisa fornecem meios de quantificar estes efeitos na análise de capacidade da interseção, no projeto e planos de faseamento. Obviamente, a aplicação destes resultados é limitada a análise e projeto de interseções similares àquelas estudadas. Uma pesquisa adicional teria que ser feita para determinar a aplicabilidade destes resultados para:

- a. interseções com diferenças geométricas consideráveis, faseamentos e populações de motoristas, e
- b. fases para movimentos diretos que se seguem a fases de travessia com convergência toleradas.

#### 2.4.3 - Contribuições de 1988

No ano seguinte, 1988, Bonneson, Messer e Fambro investigaram a metodologia de análise de faixa dividida do HCM-85 e verificaram inconsistências. Chang e Williams(57)propõem um modelo discreto para estimar o grau de interação entre os veículos sob condições prevalecentes. Courage e Luh(58) analisam o cálculo de volume de serviço do HCM-85 e lançam sugestões. Levison(59) analisa os movimentos críticos para faixas de convergência à esquerda em faixas divididas. Maiores detalhes destes estudos são dados abaixo.

O trabalho de Bonneson, J.A., Messer, C.J. e Fambro, D.B.(56) foi o de investigar a metodologia de análise de faixa dividida do HCM-85(41). Também estende a metodologia para reconhecer a interdependência operacional da taxa de fluxo de saturação e o uso de faixas nas aproximações opostas. Estas investigações incluíram a comparação entre a metodologia modificada e a original do HCM-85; estudando as tendências de convergência, avaliando os efeitos das várias condições de faseamento e volume.

Como resultado desse exame, foi encontrado que o HCM consistentemente estimou taxas de fluxo de saturação ligeiramente mais baixas do que a taxa de fluxo final de convergência, após várias iterações.

A taxa de fluxo de saturação usada neste estudo foi menor do que a ideal (1800 cphv) deliberadamente, para ilustrar os efeitos das taxas de saturação menores do que a ideal na operação de faixas divididas.

O que foi concluído é que a taxa de fluxo de saturação calculada pelo HCM-85 é quase sempre menor do que a final, após iterações. Em geral, a solução do HCM-85 foi encontrada 5% abaixo da taxa final. A modificação foi feita nos valores de  $S_{op}$  (taxa de fluxo de saturação do fluxo oposto) e  $P_E$  (proporção de convergência à esquerda), que foram recalculados baseados em resultados anteriores, ou iterações. Pode ser notado que nas condições próximas a capacidade a solução do HCM-85 superestima a taxa de fluxo de saturação na faixa dividida. Foi observada a dramática redução da taxa de fluxo de saturação com um pequeno aumento de proporção de

convergência à esquerda.

Uma metodologia efetiva usando um modelo discreto para estimar o grau de interação entre os veículos sob condições geométricas e de tráfego prevaletentes foi proposta por Chang, Gang-Len e Williams, James C.(57).

Em particular os resultados deste teste podem indicar quando a distribuição de Poisson pode ser usada, já que em interseções altamente congestionadas foi verificado que os veículos interagem significativamente com outros nos fluxos de chegada. Como foco principal, introduz uma metodologia, de modelagem em sua aplicação. Somente um caso mais simples compreendendo 2 interseções interconectadas é considerado o modelo pode ser estendido para sistemas de tráfego mais complexos se variáveis apropriadas do modelo forem incluídas na especificação.

Após uma análise do cálculo de volume de serviço usando o HCM-85, Courage, Keneth G. e Luh, John Zen-Yang (58) diz que a sua metodologia não é tratável para soluções inversas e, que uma pesquisa adicional seria necessária para desenvolver uma técnica explícita para determinar os volumes de serviço e para maior esclarecimento da interpretação do procedimento do Manual.

O trabalho explora as possibilidades de aplicação de diversas técnicas numéricas, para calcular os volumes de serviço necessários à demora calculada pelo HCM-85 sob um dado nível de serviço, e foi observado que não é tarefa fácil, apesar da solução matemática ser possível, mas é devido



os principais problemas que se apresentam na interação entre os volumes de tráfego e outras variáveis de entrada. Essas interações produzem descontinuidades as quais requerem um jogo de tentativa e erro. Além disto, uma solução única a qual pode ser defendida como resultado de uma aplicação restrita do HCM-85 nem sempre pode existir.

Levison, Herbert, (59) analisa os movimentos críticos para fases de convergência à esquerda em faixas divididas. Mostra que o volume de conflito ao longo de uma determinada aproximação é a soma das convergências à esquerda, do tráfego oposto, e mais a proporção de tráfego direto bloqueado na faixa dividida. O conjunto de fatores de impedância e bloqueio é derivado como uma função das convergências por ciclo. O estudo mostra que 2 convergências à esquerda por ciclo bloqueia 60% do tráfego direto na faixa dividida. Quando ocorrem 5 o bloqueio será de 80%. Disto segue que ciclos mais curtos são mais desejáveis onde predominam faixas divididas com convergência à esquerda.

Neste trabalho não foram investigadas as técnicas de aplicação de simulação às análises das interseções, tendo em vista que nele procurou-se restringir o campo de aplicação às técnicas analíticas. Assim, sendo, justifica-se a restrição da pesquisa bibliográfica às técnicas meramente analíticas.

## 2.5 - Referências Bibliográficas

1. Bartle, R.M., Skoro, V. e Gerlough, D.L. "Starting Delay and Time Spacing of Vehicles Entering Signalized Intersections". Highway Research Board Bull. 112, 1956, p. 33-41.
2. Webster, F.V. Traffic Signal Settings. U.K. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, England, TRRL Tech. paper 39, 1958.
3. Greenberg, H. "An Analysis Traffic Flow" Operations Research, vol. 7, n°1, 1959.
4. Gazis, D., Herman, R. e Maradudin. "The Problem of the Amber Signal in Traffic Flow. Traffic Engineering, 1960, p. 19-26 e 55.
5. Miller, A.J. Setting for Fixed-Cycle Traffic Signal. Operational Research Quarterly. Vol. 14, 1963.
6. Highway Capacity Manual-1965, Special Report 87-HRB, 1965, cap. 6.
7. Newell, G.F. Approximation Methods for Queues with Application to Fixed-Cycle. Traffic Light. SIAM Review, vol. 7, 1965.
8. Webster, F.V. e Cobbe, B.M. Traffic Signal, U.K. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, England TRRL tech. paper 56, 1966.
9. Drake, J., Schofer, J. e May, A.D. "A Statistical Analysis of Speed-

- Density Hypothesis". Vehicular Traffic Science, American Elsevier, New York, 1967, p.112-117.
10. Australian Road Capacity Guide. Australian Road Research Board, Bull.4, 1968.
  11. Miller, A.J. The Capacity of Signalized Intersections in Australia. Australian Road Research Board, Bull.3, 1968.
  12. Berry, Donald S. e Gandhi, P.K. "Headway Approach to Intersections Capacity". Highway Research Record 453, Highway Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1973, p.56-60.
  13. Johnsen, Ronald R. e Mathias, Judson S. "Investigation to Determine the Capacity of Protected Left-Turn Movements". Highway Research Record 453, Highway Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1973, p.49-55.
  14. Pignataro, Louis J. Traffic Engineering: Theory and Practice. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1973, cap.13 e 23.
  15. Yu, Jason C. e Vandyke, Henry C. "Effect of Parking Maneuver on Intersection Capacity". Traffic Engineering, 1973, p.44-49.
  16. Salter, R.J. Highway Traffic Analysis and Design. Macmillan Education, London, 1976, cap.33, 34, 39, 43 e 44.
  17. Fambro, Daniel B., Messer, Carrol J. e Andersen, Donald

- A. "Estimation of Un protected Left-Turn Capacity at Signalized Intersections". Transportation Research Record 644, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1977, p.113-119.
18. Messer, C.J. e Fambro, D.B. "Critical Lane Analysis for Intersection Design". Transportation Research Record 644, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1977, p.26-35.
19. Peterson, B.E. e Imre, E. Beräkning av Kapacitet, Kölängd, fördröjning i vägtrafikanläggningar (Swedish Capacity Manual). Statens Vägverk, Stockholm, Sweden, 1977.
20. Reilly, William R. e Gardner, Craig C. "Technique for Measuring Delay at Intersections". Transportation Research Record 644, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1977, p.1-7.
21. Sutaria, J.C. e Haynes, J.J. "Level of Service at Signalized Intersections". Transportation Research Record 644, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1977, p.107-113.
22. Williams, W.L. "Driver Behavior During the Yellow Interval". Transportation Research Record 644, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1977, p.75-78.
23. Bang, Karl-Lennart. "Capacity of Signalized Intersections Part - 3". Transportation Research Record 667, Transportation Research

- Board, National Research Council, Washington, D.C., 1978, p.11-26.
24. Manual on Uniform Traffic Control Devices. FHWA, U. S. Department of Transportation, 1978.
  25. Agent, Kenneth e Deen, Robert. "Warrants for Left-Turn Signal Phasing", Transportation Research Record 737, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1979, p.1-10.
  26. DENATRAN. Manual de Semáforos. Coleção Serviços de Engenharia. Brasília, 1979, cap.1-6.
  27. Parsonson, P.S. e Santiago, A.J. "Design Standards for Timming the Traffic-Signal Clearance Period Must Be Improved to Avoid Liability". Compendium of Technical Papers, Institute of Transportation Engineers, Washington, D. C., 1980.
  28. Transportation Research Circular 212: Interim Materials on Highway Capacity. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1980, p.5-36 e 272.
  29. Akcelik, R. Traffic Signal: Capacity and Timming Analysis. Australian Road Research Board, ARRB Res. Rept.123, 1981.
  30. JHK & Associates. Urban Signalized Intersection Capacity. NCHRP. Project 3-28(2), 1982.
  31. "Left-Turn Phase Design in Florida". ITE Journal Sept. 1982, p.28-35.

32. Transportation and Traffic Engineering Handbook. Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., 1982.
33. Virkler, M.R. "Pedestrian Flows at Signalized Intersections". Transportation Research Record 847, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1982, p.72-77.
34. Cronjé, W.R. "Analysis of Existing Formulas for Delay, Overflow and Stops". Transportation Research Record 905, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1983, p.88-92.
35. May, Adolf D., Gedizliogh, Ergun e Tai, Lawrence. "Comparative Analysis of Signalized-Intersection Capacity Methods". Transportation Research Redord 905, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1983, p.118-127.
36. NCHRP Signalized Intersection Capacity Methodology, Procedures, Project NCHRP 3-28(2). JHK & Associates, Tucson, Arizona, 1983.
37. Signalized Intersection Capacity Study, Final Report, Project NCHRP 3-28(2), JHK & Associates, Tucson, Arizona, 1983.
38. Fruin, J.J. e Benz, G.P. "Pedestrian Time-Space Concept for Analyzing Corners and Crosswalks". Transportation Research Record 959, Transportation Research Board,

- National Research Council, Washington, D.C., 1984, p.18-24.
39. Virkler, M.R. e Guell, D.L. "Pedestrian Crossing-Time at Intersections". Transportation Research Record 959, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1984, p.47-50.
  40. Chang, M.S., Messer, C.J. e Santiago, A.J. "Timing Traffic Signal Change Intervals Based on Driver Behavior". Transportation Research Record 1027, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 1985, p.20-30.
  41. Highway Capacity Manual-1985, Special Report 209-TRB, 1985, cap. 9 e 12.
  42. Radwan, A. Essam e Kalevela, Sylvester A.F. "Investigation of the Effect of Change in Vehicular Characteristics on Highway Capacity and Level of Service". Transportation Research Record 1005, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985, p.65-71.
  43. Teply, S. "Highlights of the Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections". Transportation Research Record 1005, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985, p.20-27.
  44. Wortman, Robert H., Witkowski, James M. e Fox, Thomas C. "Traffic characteristics during Signal Change Intervals". Transportation Research Record 1027, Transportation Research

- Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985, p.4-6.
45. Berry, Donald S. e Pfefer, Ronald C. "Analysis of Proposed Use of Delay-Based Levels of Service at Signalized Intersections". Transportation Research Record 1091, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1986, p.78-86.
  46. Cronjē, Wilhelm R. "Comparative Analysis of Models for Estimating Delay for Oversaturated Conditions at Fixed-Time Traffic Signals". Transportation Research Record 1091, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1986, p.48-57.
  47. Lin, Feng-Bor. "Timing Design of Signal Change Intervals". Transportation Research Redord 1069, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1986, p.46-54.
  48. Stokes, Robert W., Messer, Carrol J. e Stover, Vergil G. "Saturation Flows of Exclusive Double Left-Turn Lanes". Transportation Research Record 1091, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1986, p.86.
  49. Wortman, R.H. e Fox, T.C. "Reassessment of the Traffic Signal Change Interval". Transportation Research Record 1069, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1986, p.62-68.



50. Upchurch, Jonathan E. "Guidelines for Selecting Type of Left-Turn Phasing". Transportation Research Record, 1069, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1986, p.30-38.
51. Berry, Donald S. "Using Volume-to-Capacity Ratios to Supplement Delay as Criteria for Levels of Service at Traffic Signals". Transportation Research Record 1112, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1987, p.23-28.
52. Bonneson, James A. e McCoy, Patrick. "Operational Analysis of Exclusive Left-Turn Lanes with Protected Permitted Phasing". Transportation Research Record 1114, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1987, p.74-85.
53. Lin, Feng-Bor, Cooke, Donald e Vijayatumar, Sangarana than. "Utilization and Timing Signal Change Interval". Transportation Research Record 1114, Transportation Research Board, National Research Council, D.C., 1987, p.86-95.
54. McCoy, Patrick T. e Navarro, Ulises. "Aditional Lost-Time Caused by Permitted Left-Turns". Transportation Research Record 1112, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1987, p.39-44.
55. Roess, Roger P. "Development of Analysis Procedures for Signalized Intersections in the 1985 Highway Capacity Manual". Transportation Research Record 1112, Transportation Research

- Board, National Research Council, D.C., 1987, p.10-16.
56. Bonneson, J.A., Messer, C.J. e Fambro, D.B. "Examination of Shared Lane Operations". Transportation Research Record 1194, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.31-41.
57. Chang, Gang-Len e Williams, James C. "Estimation of Independence of Vehicle Arrivals at Signalized Intersections: A Modeling Methodology". Transportation Research Record 1194, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.42-46.
58. Courage, Kenneth G. e Luh, John Zen-Yang. "Computation of Signalized Intersection Service Volume Using the 1985 Highway Capacity Manual". Transportation Research Record 1194, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.179-190.
59. Levison, Herbert S. "Critical Movement Analysis for Shared Left-Turn Lanes". Transportation Research Record 1194, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.167-178.

## CAPÍTULO III

### ANÁLISE DE CRUZAMENTOS SEMAFORIZADOS

#### 3.1 - Introdução

O automóvel tem trazido consigo uma liberdade de movimento e comodidade jamais conhecida, e que hoje o torna indispensável a vida do homem moderno. O trânsito de veículos tem aumentado grandemente, e se espera que continue crescendo mais no futuro.

Mas, estes veículos que trazem tantas facilidades têm, também, provocado muitos problemas de trânsito, estacionamento, acidentes e demoras. As autoridades que abordam estes problemas e são responsáveis por suas soluções enfrentam muitas pressões, principalmente por parte da comunidade, para que sejam resolvidos num menor tempo possível. Um cuidado todo especial deve ser tomado nesse momento, na coleta de dados, análise e representação de uma solução, para que tudo seja feito de uma forma ordenada e mais precisa possível, evitando que a solução apresentada seja inadequada ao caso. A análise e estudos dos dados são a base para a orientação e condução a uma solução para problemas, cada vez maiores.

Tendo em vista que haverá sempre alguma ação que melhorará condições insatisfatórias de tráfego, todos os problemas de tráfego podem ser resolvidos, havendo bastante esforço ou gastos. Mas haverá sempre restrições nem todas as soluções estarão, na prática, disponíveis. As restrições podem assumir a forma de falta de capital, benefícios inadequa

dos em relação aos custos da solução, empecilhos físicos, rejeição política, etc. O engenheiro deve portanto avaliar o conjunto de soluções possíveis, tendo em mente as limitações práticas da ação, e deve então determinar as informações objetivas que são necessárias para esclarecer o problema e selecionar a melhor solução. Algumas informações necessárias podem estar disponíveis em outras fontes; mas a maioria terá, provavelmente, que ser obtida em campo. Em qualquer tipo de levantamento que seja levado a efeito é extremamente importante planejar e organizar o trabalho, desde os menores itens do empreendimento. Em particular, a rotulagem e arquivamento metódicos de dados são essenciais quando se pretende evitar erros e confusão.

Os métodos simples serão em geral preferidos aos complicados mas isto não torna menos importante estabelecer claramente como cada passo da manipulação de dados possa ser afetado. As instruções para o uso apropriado do equipamento de levantamento de dados terão que ser elaboradas, e tempo suficiente deve ser alocado ao treinamento do grupo encarregado de fazer o levantamento de dados, para que faça uso apropriado do equipamento e leve a efeito de forma correta a análise de dados e procedimentos de verificação pertinentes.

Os pontos onde os problemas de tráfego se tornam bastante graves são as junções das vias, também chamadas de interseções. Entre os diversos tipos de interseções estão os cruzamentos, pontos que têm sido estudados há bastante tempo. Em função disto, existem diversos métodos e procedimentos para o cálculo, dimensionamento e análise desses cruzamentos.

Com a evolução destes estudos analíticos de cruzamentos, tem-se obtido cada vez mais métodos que são sensíveis aos principais aspectos de tráfego, geométricos e de sinalização, determinando a influência desses no desempenho dos cruzamentos.

Este capítulo fornece um procedimento de levantamento de dados, baseado nas situações mais comuns de cruzamentos, assegurando que os dados básicos de análise sejam confiáveis, para que se tenha um resultado o mais próximo possível da situação real, tornando-se mais próxima, também, uma solução eficiente para o caso.

Entre os métodos mais atuais e conhecidos está o método de análise do HIGHWAY CAPACITY MANUAL de 1985, que é apresentado nos seus mínimos detalhes neste capítulo, mostrando as suas principais propriedades e limitações. O HCM-85 fornece uma metodologia capaz de analisar os aspectos críticos de um cruzamento nos seus mínimos detalhes, identificando os seus principais problemas.

De posse dos dados de campo, segundo o item 3.2 deste capítulo, que se preocupa em fornecer os dados básicos para a análise pelo HCM-85, há a possibilidade de realização de uma análise de um cruzamento adequada, ocorrendo durante a análise possíveis alterações em parâmetros, como por exemplo, no faseamento do sinal, para se otimizar a solução, através de uma resposta imediata, fornecida pela análise do método do HCM-85, da capacidade e do nível de serviço do cruzamento a cada modificação realizada.

### 3.2 - Levantamento de Dados em Campo

Este item é destinado a auxiliar na obtenção de dados de tráfego, para se determinar a situação operacional e de planejamento de um cruzamento semaforizado. Note que os dados de tráfego podem ser obtidos através de diversos métodos, porém a proposta deste trabalho é orientar, baseando-se nas situações mais comuns, a quem irá realizar uma análise operacional ou de planejamento de um cruzamento semaforizado, não adentrando-se no mérito da discussão de qual possa ser o melhor método, mas apenas sugerindo um caminho para aqueles que não tiverem o seu próprio caminho de obtenção de dados bem definido ou nem definido.

Não importa a simplicidade que possa transparecer o caso, o essencial é que o estudo do problema seja bem organizado. Isto significa que deve ser devidamente planejado antes que se inicie o estudo. O trabalho deve ter metas e um produto final que será um conjunto de dados e características, as mais detalhadas possíveis, sobre o local de estudo.

#### 3.2.1 - Procedimento usual

Descrições de métodos de levantamento e análise podem ser encontradas em livros, e há manuais que descrevem levantamentos de tráfego nos seus mínimos detalhes (1), (2) e (3). Estas notas só poderão apresentar ou se referir às tais técnicas que já são bem conhecidas e amplamente praticadas.

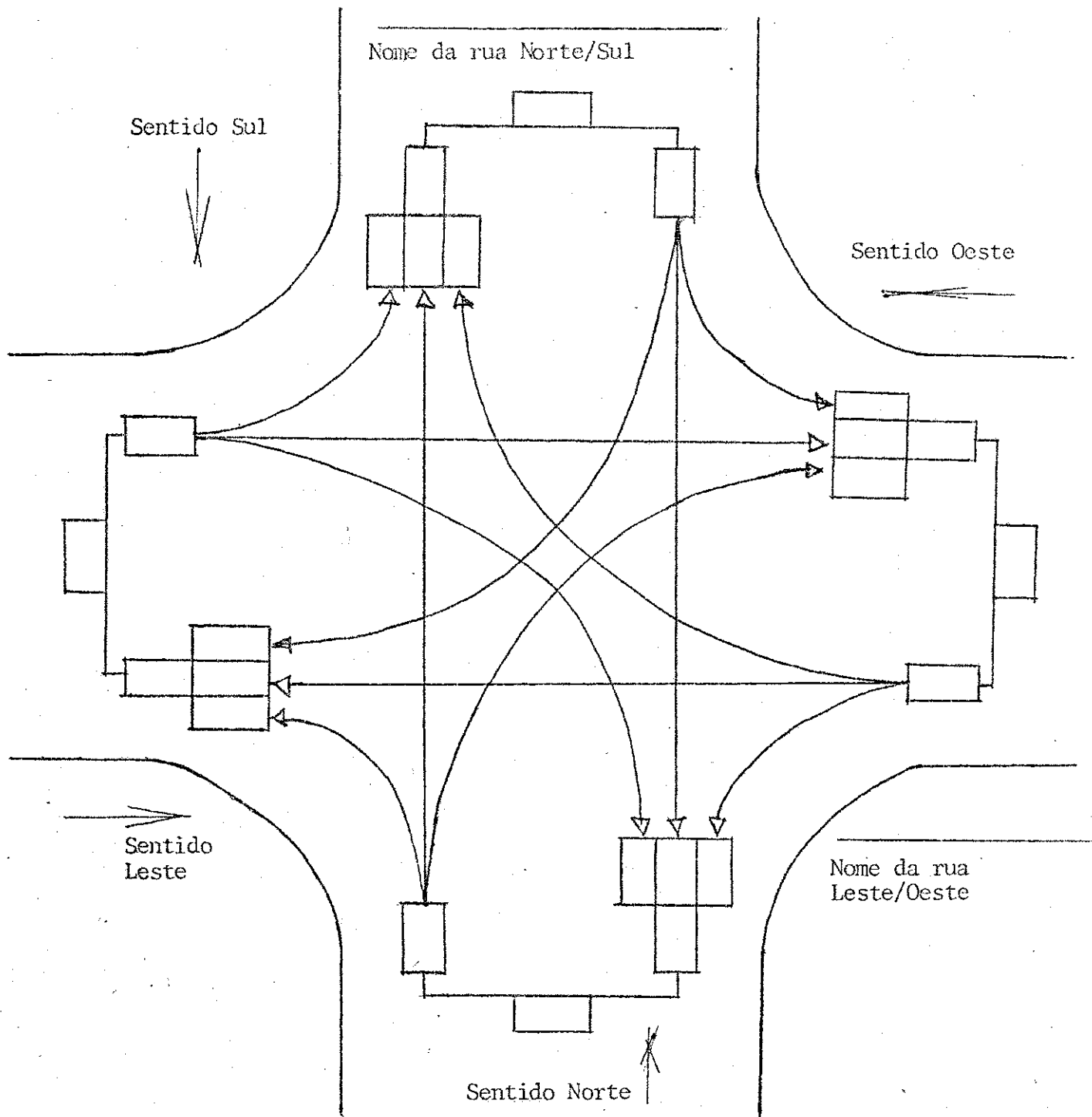
Neste trabalho se fornece maiores detalhes simplesmente

em referência as variáveis que são relevantes para o HCM-85.

As contagens em cruzamentos são destinadas a obtenção do fluxo de tráfego que entra em cada aproximação do cruzamento e a distribuição deste fluxo entre as alternativas que lhe são propostas (figura 3.1). As classes diferentes de veículos são anotadas, pois a composição do tráfego afeta a capacidade dos cruzamentos. As contagens são obtidas manualmente, pois os contadores automáticos ainda não são capazes de fornecer informações detalhadas sobre os movimentos de convergência. Em cruzamentos muito carregados o tráfego pode ser visto através de um circuito interno de televisão, com a vantagem de se obter imagens de câmeras que podem ser colocadas em locais inacessíveis aos observadores, ou também, os fluxos podem ser gravados em um filme para uma análise subsequente; esses métodos são úteis onde a situação do tráfego é muito complexa para se ter dados confiáveis obtidos por observadores, mas as figuras precisam ser analisadas e observadas da mesma maneira como o tráfego real acontece.

Os veículos que entram em cada aproximação do cruzamento são contados de acordo com o tipo e direção do movimento (esquerda, direto, direita). Isto pode ser feito usando um formulário de campo do tipo que é mostrado na figura 3.2 para os cruzamentos que possuam quatro aproximações. Os dados são comumente resumidos para períodos de 24 horas, 16 horas ou 12 horas, ou ainda para o pico da manhã ou da tarde ou ambos. O formulário 3.2 é preenchido para intervalos de 15 minutos, levando-se em consideração o tipo de movimento e o tipo do veículo, e além disto, estes movimentos podem ser conveniente

Figura 3.1 - Formulário resumo para os dados de contagem volumétrica em campo.



Cruzamento : \_\_\_\_\_  
 Dia da pesquisa : \_\_\_\_\_  
 Data : \_\_\_\_\_  
 Horário da pesquisa: \_\_\_\_\_

Fonte: adaptação do Manual on Traffic Surveys.(1) ,  
 seção 1.1, pág. 12, fig. 1.1.7.





Figura 3.3 - Formulário resumo horário para a contagem volumétrica em campo.

Cruzamento: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ Período de contagem: \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Aproximação: \_\_\_\_\_ Sentido: \_\_\_\_\_

Classe de Veículos	Converg. à direita	Movimento direto	Converg. à esquerda	Total
Carro-Passeio				
		Total	Total	Total
Ônibus				
		Total	Total	Total
Gaminhões				
		Total	Total	Total
Total				

Fonte: adaptação do Manual o Traffic Surveys. (1), seção 1.1, pág. 12, fig. 1.1.5.

mente representados na parte superior do formulário.

A figura 3.3 é uma outra opção de obtenção de dados em campo, sendo preenchida para intervalos de 15 minutos, de acordo com a classe do veículo e com o seu movimento.

Para se resumir em intervalos horários os dados obtidos em campo, são fornecidos dois formulários-resumo nas figuras 3.4 e 3.5. A figura 3.4 apresenta um formulário-resumo que é preenchido de acordo com o sentido do movimento, o tipo do movimento e a classe do veículo. A figura 3.5 apresenta um formulário-resumo que é preenchido de acordo com o tipo de movimento e a classe do veículo, possuindo na parte inferior uma tabela com indicadores da hora de pico e com o percentual de veículos pesados e número de manobras de ônibus.

Com esses formulários é possível efetuar uma contagem manual do tráfego no cruzamento, sendo a quantidade de grupos e de componentes desses grupos dependente da intensidade do tráfego no local e até de outros fatores não pertinentes a situação operacional do cruzamento, como por exemplo, questões financeiras, políticas, etc.

Entre as vantagens dos recursos manuais é que podem ser obtidas maiores informações, o que simplifica trabalhos posteriores, porém, é mais caro obter dados desta forma do que através do uso de equipamentos mecânicos automáticos.

Note que as variáveis que serão estudadas a seguir são utilizadas em outros métodos para interseções sinalizadas e até mesmo no HCM-85 para interseções não-sinalizadas, porém não são relevantes para a análise de interseções sinalizadas do mesmo. Faz-se esta apresentação simplesmente com a finali-

Figura 3.4 - Formulário resumo para os dados de contagem volumétrica em campo.

Cruzamento: \_\_\_\_\_

Dia : \_\_\_\_\_

Data : \_\_\_\_\_

Período de contagem: \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Norte

Leste

Oeste

Sul

Período do Horário	Classes de Veículos	Sentido Norte			Sentido Sul			Sentido Leste			Sentido Oeste			Total horário	
		CE <sup>1</sup>	D <sup>2</sup>	CD <sup>3</sup>	CE	D	CD	CE	D	CD	CE	D	CD		
	Carro-Passeio														
	Ônibus														
	Caminhões														

1. CE = convergência à esquerda  
 2. D = movimento direto  
 3. CD = convergência à direita.

hora de pico: \_\_\_\_\_

Fonte: adaptação do Manual on Traffic Surveys. (1), seção 1.1, pág. 13, fig. 1.1.6.

Figura 3.5 - Formulário de levantamento de dados em campo.  
Contagem Volumétrica de Tráfego

Formulário resumo (horário)

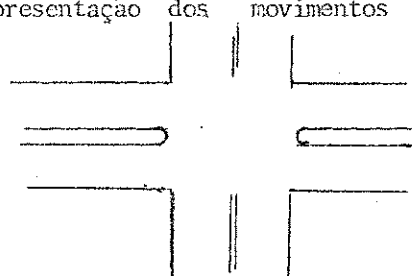
Representação dos movimentos

Cruzamento: \_\_\_\_\_

Aproximação: \_\_\_\_\_

Período de Pesquisa: \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_ .Dia: \_\_\_\_\_



HORA	MOVIMENTO			MOVIMENTO			MOVIMENTO		
	AUTOS	ÔNIBUS	CARGA	AUTOS	ÔNIBUS	CARGA	AUTOS	ÔNIBUS	CARGA
TOTAL									

Observações: \_\_\_\_\_

Indicadores:

Especificação	Movimento	Movimento	Movimento
Volume de hora de pico			
Fator Hora de Pico			
Percentual de Veíc. pesados	Carga _____	Carga _____	Carga _____
nº manobras de ônibus	Ônibus _____	Ônibus _____	Ônibus _____

Hora de Pico: \_\_\_\_\_

Fonte: adaptação do formulário resumo do DETRAN-PE/BRASIL.

dade de tornar as informações contidas neste trabalho as mais completas possíveis, tendo em vista que o material de informação encontra-se bastante disperso.

Os estudos de velocidades dos veículos podem ser tratados em duas categorias gerais: estudo de velocidade pontual e estudo de tempo decorrido.

O estudo de velocidade pontual tem por objetivo medir a distribuição de velocidade dos veículos ao longo de um trecho relativamente curto. Os resultados normalmente são expressos em velocidade média, ou seja,

$$\bar{V} = \frac{\sum V}{n} \quad (3.1)$$

onde

$\bar{V}$  é a velocidade média, em km/h;

$\sum V$  é a soma das velocidades observadas, em km/h; e

$n$  o número de observações.

O horário de registro das velocidades dependerá do propósito do estudo. Um estudo de dados básicos geralmente obedece os seguintes horários:

uma hora entre as 9 e 12 horas

uma hora entre as 15 e 18 horas

uma hora entre as 20 e 22 horas

O método mais simples e razoavelmente preciso requer um observador, um cronômetro, uma fita métrica ou corda de 25 a 50 metros, formulários e um enoscópio.

Um enoscópio é uma caixa em forma de L, aberta em ambos extremos, com um espelho colocado no interior formando um ângulo

gulo de 45 graus com os lados da caixa, de acordo com a figura 3.6.

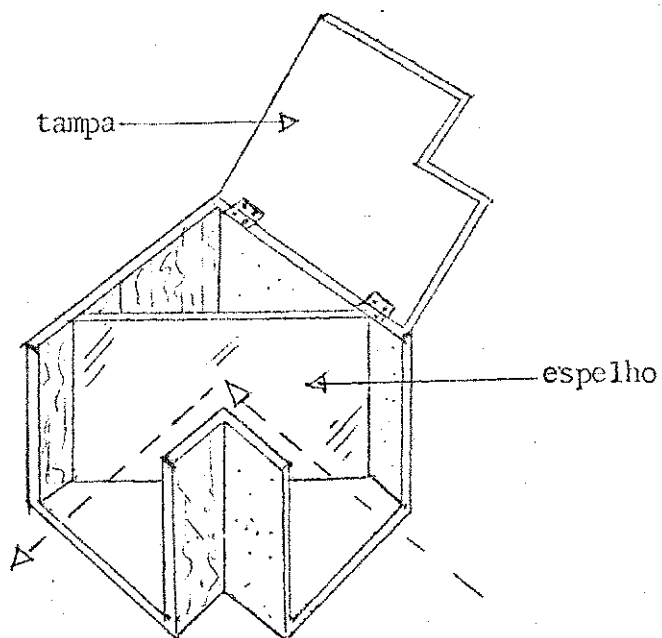


Figura 3.6 - Enoscópio

Esse dispositivo desvia a linha visual do observador no extremo do trecho em estudo, sendo perpendicular a trajetória do veículo quando este passa por um ponto do trecho. O esquema de medição será de acordo com a figura 3.7.

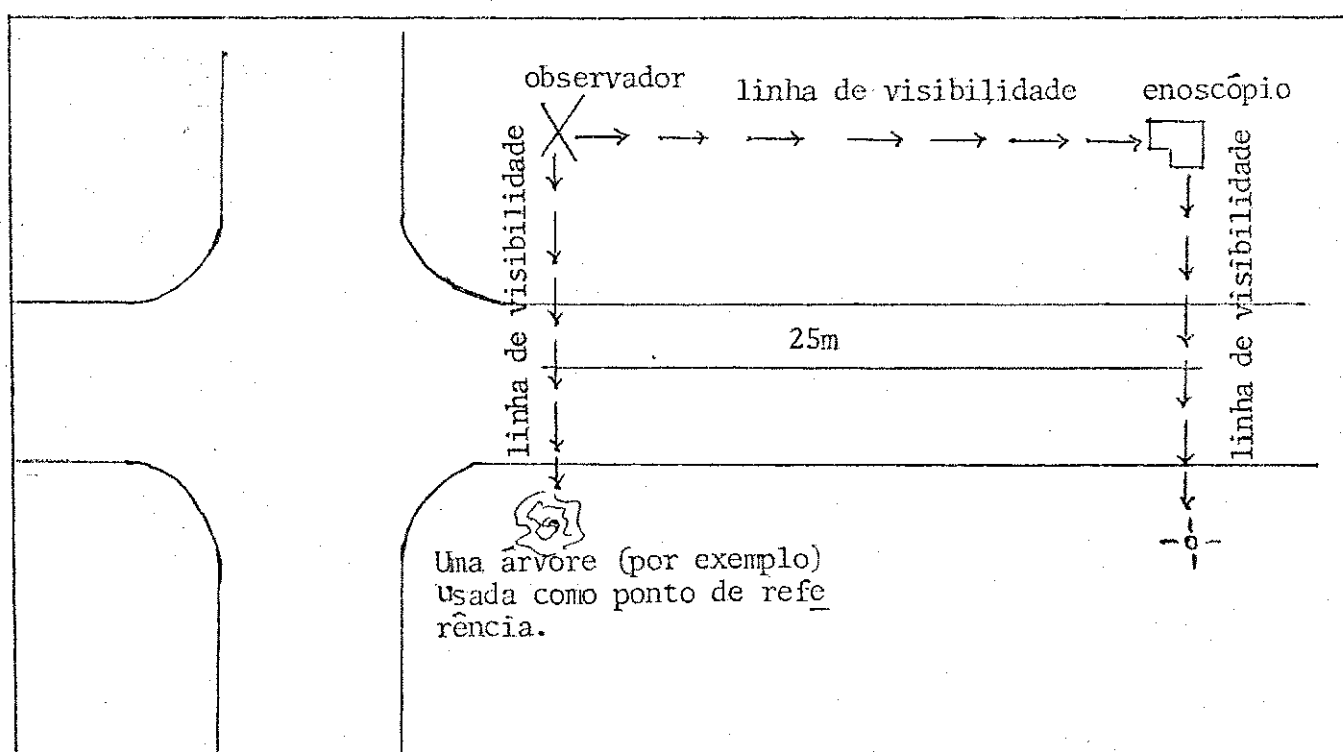


Figura 3.7 - Estudo de velocidade com o enoscópio

Quando o veículo cruza o enoscópio o observador o distingue no espelho do enoscópio e aciona o cronômetro até que o mesmo passe por ele, sendo o tempo decorrido anotado num formulário de campo, que pode ser o da figura 3.8.

Neste formulário estão as velocidades normalmente possíveis para cada intervalo de tempo transcorrido de acordo com a distância. Por exemplo, para um trecho de 25 metros se o veículo levou 1,0 segundo para percorrê-lo então ele estava a uma velocidade de 90 km/h. Todos os veículos que estiverem dentro deste intervalo e de acordo com a sua classe, se é carro-passeio, veículo pesado ou ônibus serão anotados logo em seguida no formulário, e o mesmo procedimento será feito para os outros intervalos.

O que irá interessar ao final do preenchimento do formulário da figura 3.8 é o valor de 85º percentual de velocidade, ou seja, aquela velocidade abaixo da qual 85% dos veículos viajam, servindo como uma referência rápida de velocidade do local estudado. Este percentual de velocidade tem gozado de plena aceitação como velocidade aproximada a qual devem ser estabelecidos os limites de velocidade, em conexão com os dispositivos para o controle do trânsito.

Um formulário-resumo para os dados obtidos em campo é fornecido na figura 3.9, onde se obtêm para os intervalos horários todos os 85º percentis de velocidade dos veículos de acordo com a sua classe.

Os estudos de tempo decorrido são mais flexíveis em relação ao método de organizar os dados e na representação dos



Figura 3.8 - Formulário de campo para o estudo de velocidade pontual.

## Velocidade Pontual

Local: \_\_\_\_\_ . Trecho em estudo (distância): \_\_\_\_\_

Horário: \_\_\_\_\_ . Aproximação: \_\_\_\_\_

Movimento: \_\_\_\_\_ . Observador: \_\_\_\_\_

Velocidade km/h			Tempo em seg.	Observações Total	Automóveis		Ônibus S	Veículos pesados S	
25m	30m	100 m			Soma	S		S	S
90			1.0						
75			1.1						
69			1.2						
64	128		1.4						
60	120		1.5						
56	113		1.6						
55	106		1.7						
50	100		1.8						
48	95		1.9						
45	90		2.0						
43	85		2.1						
41	82		2.2						
39	78		2.3						
38	75		2.4						
36	72		2.5						
35	70	140	2.6						
33	67	134	2.7						
32	64	128	2.8						
31	62	124	2.9						
30	60	120	3.0						
29	58	116	3.1						
28	56	112	3.2						
27	55	110	3.3						
26	53	106	3.4						
25	50	100	3.6						
24	48	95	3.8						
23	45	90	4.0						
22	43	86	4.2						
21	41	82	4.4						
20	40	80	4.6						
19	38	76	4.8						
18	36	72	5.0						
17.5	35	70	5.2						
16.5	33	66	5.4						
16	32	64	5.6						
15.5	31	62	5.8						
15	30	60	6.0						
14.5	29	58	6.2						
14	28	56	6.4						
13.6	27.2	54.4	6.6						
13.2	26.4	52.8	6.8						
12.8	25.6	51.2	7.0						
12.5	25.0	50.0	7.2						
12.2	24.4	48.8	7.4						
11.8	23.6	47.2	7.6						
11.5	23.0	46.0	7.8						
11.2	22.4	44.8	8.0						
10.6	21.2	42.4	8.5						
10.0	20.0	40.0	9.0						
9.5	19.0	38.0	9.5						
9.0	18.0	36.0	10.0						
Total de Veículos					85º percentual de velocidade				

Fonte: Manual de Estudos de Engenharia de Trânsito (3), fig. 3.3, pág. 36.



resultados, dependendo do propósito do estudo. Os resultados são também expressos em velocidade média, sendo que neste caso os trechos são bem maiores, e às vezes são consideradas rota de viagem.

$$V = \frac{dn}{0.227 \sum t} \quad (3.2)$$

onde

$V$ : é a velocidade média, em km/h;

$d$  é o comprimento da rota ou trecho, em metros;

$n$  é o número de observações;

0.227 é um fator de conversão de m/seg. em km/h; e

$\sum t$  é a soma dos tempos decorridos observados, em segundos.

O método de estudo mais comum é o método das placas, onde se escolhe o trecho para estudar sendo delimitado por pontos extremos de referência. Neste trecho serão anotados o maior número possível de placas para obter uma amostra bastante representativa.

O período do estudo dependerá dos propósitos do mesmo, geralmente são seguidos os horários:

uma hora entre as 7 e 9 horas

uma hora entre as 10 e 14 horas

uma hora entre as 16 e 18 horas

uma hora entre as 20 e 22 horas

Antes de iniciar o estudo os cronômetros devem ser sincronizados para haver simultaneidade nas anotações. Depois de sincronizados os cronômetros dos grupos, um observador de

Figura 3.10 - Formulário de campo para o estudo de tempo decorrido.

Tempo decorrido

Local: \_\_\_\_\_ . Aproximação: \_\_\_\_\_  
horário: \_\_\_\_\_ . Movimento : \_\_\_\_\_  
observador: \_\_\_\_\_ . Anotador : \_\_\_\_\_  
Classe do veículo: \_\_\_\_\_

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Obs: anotar apenas os três últimos números de cada placa de cada veículo, ou apenas o último número da placa do veículo.

Fonte: Manual de Estudios de Ingenieria de Trânsito (3), figura 3.6, pág. 40.

Tempo decorrido									
Local: _____ . Aproximação: _____									
horário: _____ . Movimento : _____									
analista: _____ .									
Carros-passeio					Ônibus e caminhões				
Placas nº	Tempo cronométrado		Tempo Transcorrido	Veloc. km/h	Placas nº	Tempo cronométrado		Tempo Transcorrido	Veloc. km/h
	Começo	fim				Começo	fim		
Velocidade média					Velocidade média				
85% percentil					85% percentil				

Fonte: Manual de Estudos de Engenharia de Trânsito (3), figura 3.7, fig.40.

um grupo de 2 pessoas que está situado num ponto extremo do trecho diz em voz alta os três últimos dígitos de cada placa que passa neste ponto, sendo registrado pelo seu companheiro num formulário de campo. Se o trânsito for muito intenso, o estudo pode ser limitado aos números de placas que terminem em zero ou em um, por exemplo. O anotador lê o cronômetro e registra o tempo logo abaixo do número da placa. Um formulário é fornecido na figura 3.10 para o estudo de tempo decorrido.

Após a obtenção dos dados em campo inicia-se o processo de resumo dos dados. Este processo implica em encontrar os números idênticos de placas nos formulários de campo, do começo ao final da rota, em uma direção, anotando o tempo decorrido e calculando a velocidade. Todos estes dados deverão preencher o formulário-resumo da figura 3.11.

Note que por muitas vezes no formulário da figura 3.10 se tornará difícil de anotar os três últimos dígitos da placa do veículo e ainda anotar o tempo em que o mesmo passou no ponto de referência. Nesse caso poderá ser adotado o procedimento de anotação do último número da placa de cada veículo.

Nos estudos de aceleração e desaceleração pode utilizar-se para a obtenção das mesmas a seguinte fórmula da Mecânica:

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (3.3)$$

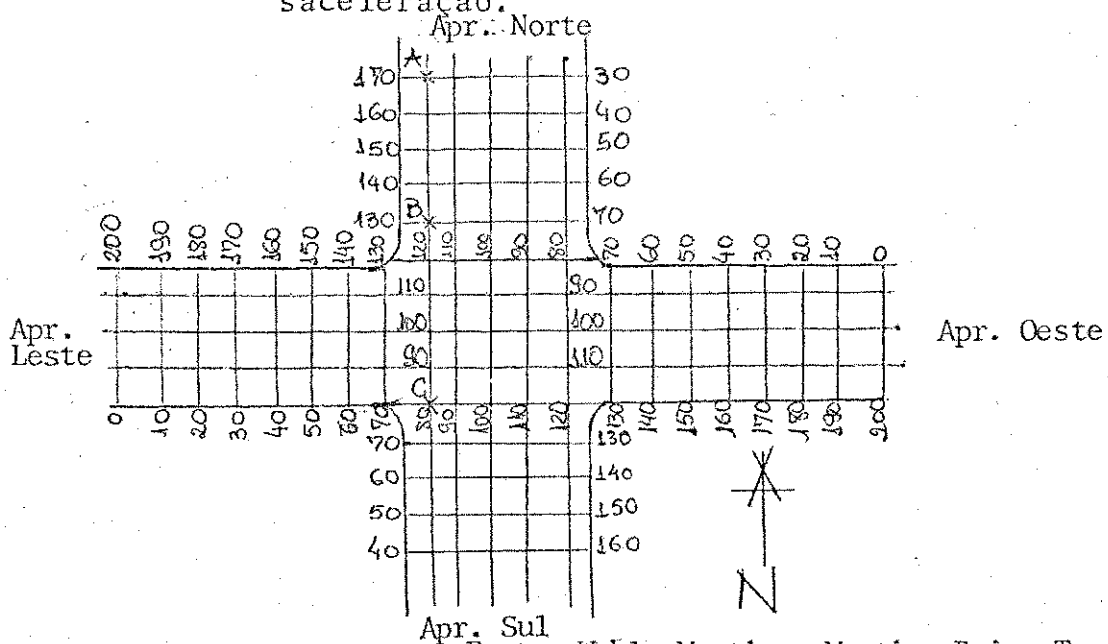
onde

S é o espaço total percorrido, em metros ou quilômetros;

$S_0$  é o espaço inicial, em metros ou quilômetros  
 $V_0$  a velocidade inicial, geralmente em km/h, mas podendo ser m/s dependendo do caso;  
 $t$  é o tempo decorrido no percurso do veículo, em segundos; e  
 $a$  é a aceleração do veículo ou desaceleração do mesmo, dependendo se for positiva ou negativa, respectivamente, em  $\text{km/h}^2$  ou em  $\text{m/s}^2$ .

Como pode ser visto, ao se obter os valores de  $S$ ,  $S_0$ ,  $V_0$  e  $t$  há condições de calcular o valor da aceleração ou de desaceleração. A figura 3.12 apresenta um esquema de estudo de aceleração e desaceleração que pode ser efetuado num cruzamento. Sendo mais fácil obter os dados através de filmagem do cruzamento devidamente marcado.

Figura 3.12 - Representação de um estudo de aceleração e de desaceleração.



Para o cálculo da desaceleração o valor de  $S_0$  será obtido no ponto A, e o valor de S no ponto B. O valor de t será obtido através de um cronômetro que registrará o tempo necessário para o veículo percorrer o trecho que está marcado na figura 3.12 (trecho  $\overline{AB}$ ). O valor de  $V_0$  será a velocidade com que o veículo atravessará o ponto A, que poderá ser obtida seguindo o procedimento de cálculo de velocidade já citado anteriormente. Com estes valores tem-se condições de calcular o valor de a no ponto B que por ser negativa é chamada de desaceleração.

Para o cálculo da aceleração o valor de  $S_0$  será obtido no ponto B, e o valor de S no ponto C. O valor de t será obtido como o tempo necessário para o veículo atravessar o cruzamento, que poderá ser obtido através de um cronômetro. O valor de  $V_0$  será a velocidade que o veículo atravessará a linha de parada da aproximação, ou seja, o ponto B, que poderá ser obtida por procedimento anteriormente citado. Com estes dados tem-se condições de calcular o valor de a, que por ser positiva neste caso é chamada de aceleração.

Obtidos os dados da equação 3.3 é possível utilizar a análise da regressão de modo a calcular o valor da aceleração, tendo em vista que a variável independente é t. Nesse caso, obtêm-se  $V_0$  e a como coeficientes. Não se usando regressão, precisa-se calcular  $V_0$  para cada medida de t, e posteriormente, calcular o valor de a.



### 3.2.2 - Procedimento para o HCM-85

Para se efetuar a análise de cruzamento segundo o HCM-85, há necessidade de obter diversos dados de entrada para os cálculos. Esses dados servirão para preencher os formulários dos dados de entrada das análises operacional e de planejamento (figura 3.21 e 3.35), sendo que para a análise de planejamento os volumes devem ser projetados para um período de interesse em função do crescimento do fluxo veicular, devido ao próprio crescimento da área onde está localizado o cruzamento. A análise que necessita de mais informações detalhadas sobre o local em estudo é a análise operacional, pois a análise de planejamento dispensa informações detalhadas sobre o aspecto geométrico e de sinalização do cruzamento.

Devido a essa maior necessidade de dados de campo por parte da análise operacional, o processo de levantamento de dados em campo se baseará nas necessidades de dados para se efetuar a análise operacional, visto que esse procedimento cobrirá perfeitamente as necessidades da análise de planejamento.

O levantamento de dados para o HCM-85 consta de 4 passos fundamentais.

Passo 1: Coleta dos Volumes de Tráfego.

Passo 2: Coleta de Dados Geométricos.

Passo 3: Obtenção das condições Geométricas e de Tráfego.

Passo 4: Obtenção do projeto de faseamento de semaforização local.

### Passo 1: Coleta dos Volumes do Tráfego

Esta coleta pode ser feita de acordo com o procedimento usual, mostrado e explicado anteriormente. Utilizando em campo o formulário das figuras 3.2 ou 3.3, e para resumir os dados em volumes horários podem ser utilizados os formulários das figuras 3.4 ou 3.5. Será conduzido a análise o período de ocorrência de maior volume (hora de pico) durante todo o período pesquisado ou parte do período de interesse.

### Passo 2: Coleta de Dados Geométricos

Consiste:

1. na contagem do número de faixas de cada aproximação do cruzamento.
2. na identificação da largura das faixas de cada aproximação.
3. na identificação do tipo de movimento ocorrido em cada faixa de cada aproximação.
4. na verificação da existência e localização das faixas do estacionamento em cada aproximação.
5. na verificação da existência e do comprimento das bairhas de armazenamento.
6. na verificação da existência de ilhas ou canteiros nas aproximações.
7. na verificação da existência e localização de paradas de ônibus.

Passo 3: Obtenção das condições Geométricas e de Tráfego.

As condições geométricas e de tráfego consistem em:

1. Greide: há necessidade de se obter o percentual de inclinação ou declinação de cada aproximação. Isto pode ser feito através de um teodolito.

2. Veículos Pesados: de posse dos dados volumétricos da hora de pico, dados estes que vêm diferenciando os diversos tipos de veículos por movimento e por aproximação, há condições de se verificar o percentual de veículos pesados por movimento ocorrido na hora de pico. O percentual de veículos pesados para a aproximação, segundo a recomendação do HCM-85 no capítulo 9, pág. 9-23, e citação da mesma recomendação neste capítulo, ítem 3.3.2.1, no Módulo dos Dados de Entrada, quesito 2b, deve ser considerado como a média dos percentuais dos movimentos que compõem a aproximação. Em casos de tráfego bastante carregado será melhor considerar os percentuais separados.

3. Estacionamento: verificada a existência de estacionamento na aproximação, nas proximidades do cruzamento, mais precisamente, dentro de uma área a 75 metros do cruzamento, deve-se realizar, paralelamente à contagem do volume de tráfego, uma contagem do número de manobras de estacionamento ocorridas. São colocados grupos de pessoas no trecho a 75 metros do cruzamento, nas aproximações que contenham faixas de estacionamento, para que façam a contagem do número de manobras, e este trecho, para facilitar a contagem, pode ser dividido em duas ou mais partes. Um formulário é sugerido para a contagem das manobras pelos grupos em campo na figu

ra 3.13. Nesse formulário são anotados o nome da aproximação e a distância até o cruzamento. Logo abaixo é anotado o intervalo de 15 minutos de contagem, e ao lado do intervalo de contagem é anotado o nº de manobras, que deverá ser o total de observações feitas na parte inferior do formulário. Um outro formulário é sugerido para o resumo dos dados de campo na figura 3.14. Neste formulário são resumidos para intervalos horários os dados obtidos no formulário da figura 3.13 para intervalos de 15 minutos. Esse estudo poderá ser importante não só na análise do cruzamento, como também, para um estudo específico de estacionamento. A contagem a ser adotada para a análise, obviamente, será a que ocorrer durante a hora de pico, que será determinada no passo 1.

4. Ônibus: é de interesse da análise saber o número de paradas de ônibus feitas por hora dentro de uma distância a 75 metros do cruzamento, consideradas como paradas locais. A contagem do número de manobras locais de ônibus é feita paralelamente a contagem volumétrica por grupos de pessoas que se posicionam nos locais de parada dos ônibus. Quando todos os ônibus que atravessam o cruzamento param nas proximidades do mesmo, a contagem de paradas locais de ônibus pode ser retirada da própria contagem volumétrica. Quando isto não ocorrer, a contagem terá que ser feita separadamente em paralelo, pois os ônibus que não pararem nas proximidades do cruzamento serão considerados como veículos pesados. Um formulário é sugerido na figura 3.15 para se obter os dados de campo. Neste formulário são anotados o no





me da aproximação e a distância da parada do cruzamento, além disto, o intervalo de 15 minutos de contagem e o número de paradas de ônibus feitas, que deverá ser igual ao valor total registrado na parte inferior do formulário. Um outro formulário é sugerido na figura 3.16 para se resumir esses dados de campo. Nesse formulário são resumidos em intervalos horários os dados obtidos no formulário da figura 3.15. Esse estudo poderá ser também importante para se analisar a influência do trânsito de ônibus no desempenho do cruzamento em seus períodos mais críticos. A contagem a ser adotada, obviamente, será a contagem registrada na hora de pico, determinada pela contagem volumétrica (passo 1).

5. Fator Hora de Pico: o fator hora de pico para cada movimento ou para cada aproximação, em geral, é calculado pela fórmula:

$$FHP = \frac{\text{volume da hora de pico}}{n \times (\text{volume máximo ocorrido num dos intervalos da hora de pico})}$$

onde:

FHP é o fator hora de pico; e

n é o número de intervalos em que foi dividida a hora de pico (geralmente se adota 4 intervalos de 15 minutos).

Os dados para o cálculo de FHP são fornecidos pelo passo 1.

6. Número do Fluxo de Pedestres Conflitantes: os pedestres irão conflitar, principalmente, com os movimentos

de convergência à direita, daí a importância de se obter a contagem volumétrica do número de pedestres que atravessam cada aproximação durante a hora de pico. A contagem de pedestres deve ser feita paralelamente à contagem volumétrica de acordo com os intervalos de contagem estabelecidos para a mesma (utiliza-se geralmente uma contagem horária). A contagem adotada para cada aproximação será, obviamente, a ocorrida durante a hora de pico, determinada pela contagem volumétrica. Um formulário é sugerido na figura 3.17, para coletar os dados de campo. Nesse formulário são anotados o nome da aproximação, o intervalo de 15 minutos de contagem e o número total de pedestres, que deverá ser a soma total das observações registradas na parte inferior do formulário. Um outro formulário é sugerido na figura 3.18 para se resumir esses dados. Nesse formulário são resumidos em intervalos horários os dados obtidos no formulário da figura 3.17. Esse estudo pode ser também importante para a análise exclusiva das necessidades e do comportamento do pedestre. O número de contadores do fluxo de pedestres dependerá da intensidade desse fluxo.

7. Verificação da Existência de Botões para Pedestres: se houver botão detector de presença de pedestres, marcar com um cronômetro, ou retirando próprio faseamento do sinal, o tempo mínimo fornecido para o pedestre atravessar. Se não houver o botão detector de pedestres, o tempo mínimo necessário para a travessia terá que ser calculado através da equação 3.5, apresentada no item 3.3.2.1 deste capítulo, equi





valente a equação 9-5, do capítulo 9 do HCM-85. Para o cálculo, necessita-se apenas conhecer a maior distância a ser atravessada pelo pedestre ( $d$ ), que é possível de ser determinada através do passo 2, onde se tem o número e a largura das faixas das aproximações e a existência ou não de canteiros centrais ou ilhas ou refúgio para pedestres, além do intervalo de troca ( $T$ ), que o HCM-85 adota como sendo igual a 3 segundos em seus exemplos de cálculos (pág. 9-38, cap. 9), podendo este dado ser alterado em função do conhecimento de um valor diferente contido no faseamento do semáforo do local em estudo.

8. Tipo de Chegada: os tipos de chegada dos pelotões das aproximações no cruzamento são classificados de 1-5, como pode ser visto no item 3.3.2.1 deste capítulo, no quesito 2g. O tipo de chegada é conhecido através de uma tabela (tabela 3.1 do item 3.3.2.1) que relaciona o tipo de chegada com a taxa de chegada do pelotão ( $R_p$ ), calculada pela equação 3.4 deste capítulo, contida no item 3.3.2.1, que corresponde a equação 9-4 do capítulo 9 do HCM-85. Para o cálculo de  $R_p$  necessita-se de dois dados: o valor de PVG, que é o percentual de todos os veículos dos movimentos da aproximação chegando durante a fase de verde, podendo ser observado em campo, e o valor de PTG, que é o percentual do ciclo que é verde para os movimentos da aproximação, podendo ser calculado do faseamento do sinal através da relação  $PTG = (g/C) \times 100$ , conforme consta na pág. 9-8 do capítulo 9 do HCM-85.

**Passo 4 - Obtenção do Projeto de Faseamento da Semaforização local.**

O faseamento do semáforo deve ser observado e anotado segundo consta em documento no órgão responsável por tal atividade, ou mesmo marcado por um cronômetro no local, numa espécie de composição das fases para cada aproximação. Um formulário é sugerido na figura 3.19 para anotar o faseamento do semáforo (identificando fase-por-fase no diagrama), mostrando os movimentos protegidos, e anotando-se o comprimento do ciclo do sinal.



Figura 3.19 - Formulário para marcação das fases do Semáforo.

Faseamento									
D									
I									
A									
G									
R									
A									
M									
A									
Tempo Fixo ou Atualizado	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=

onde G é o tempo de verde, Y amarelo e R vermelho.

Nesse formulário são anotadas em cada retângulo as fases que compõem o ciclo do sinal de acordo com os movimentos que possuem, permitidos ou tolerados e protegidos, em cada fase, sendo na parte inferior anotados os tempos de verde (G) e amarelo + vermelho (Y + R), além disso, o fato do sinal ser de tempo fixo (F) ou atualizado (A). Um exem-

plo típico seria um sinal de tempo fixo bifásico, com 22seg. de verde na primeira fase e 25 seg. de verde na segunda fase, apresentando um ciclo de 70 segundos. Com aproximações de uma e duas faixas em cada sentido com os três tipos de movimentos (esquerda, direto, direita) divididos entre tolerados e protegidos, apresentando o seguinte diagrama:

Faseamento							
D I A G R A M A							
	Tempo Fixo(F) ou Atualizado (A)	G=22 Y+R=48 F	G=25 Y+R=45 F				

onde a linha tracejada significa o movimento permitido ou tolerado e a linha contínua o movimento protegido.

De posse desses dados, tem-se condições de preencher os requisitos de dados necessários para realizar qualquer uma das análises. Lembrando que, todos esses dados são necessários apenas para a análise operacional, sendo que a análise de planejamento necessitará somente dos dois primeiros passos.

Para se obter um maior entendimento do levantamento de dados em campo, é apresentado no Apêndice VI deste trabalho um

exemplo ilustrativo que se refere ao levantamento de dados em campo realizado para a obtenção dos dados do cruzamento analisado no capítulo 4 (um estudo de caso) porém os recursos não permitiram o conhecimento de alguns dados, sendo assim, recorreu-se a tabela 3.2 do item 3.3.2.1, que corresponde a tabela 9-3 do HCM-85, onde se recomenda alguns valores importantes para análise na ocorrência de um caso como este.

### 3.3 - Análise de Interseções SemafORIZADOS segundo o HCM-85

#### 3.3.1 - Introdução

O HCM-85 apresenta dois níveis de análise: a análise operacional, que para ser realizada deve conter informações detalhadas das condições de tráfego, da via e de semaforização, sendo muito utilizada na análise de interseções existentes ou de futuras modificações das situações existentes de tráfego, fornecendo uma ampla análise de capacidade e de nível de serviço para avaliar projetos geométricos alternativos e/ou planos de fase. O outro nível de análise, é a de planejamento. Nesse nível, somente a capacidade é determinada. Pelo fato da demora não ser estimada, pois apesar das informações sobre a geometria da interseção e movimentos de convergência serem exigidas, os detalhes de semaforização e de distribuição dos tipos de veículos não são necessários, então o nível de serviço não pode ser obtido nesse nível de análise. A análise de planejamento é bastante útil

em testes de projetos geométricos alternativos, onde os detalhes de semaforização e características de demanda ainda não estão escolhidos.

Em ambas análises é fundamental o entendimento de dois conceitos e de seu relacionamento: capacidade e nível de serviço.

A capacidade nas interseções é definida para cada aproximação, sendo a taxa de fluxo máximo que pode atravessar a interseção sob as condições de tráfego, da via e semaforização prevalescentes. Essa taxa de fluxo é geralmente medida ou projetada para um período de hora de pico de 15 minutos, e isto é feito isolando-se as faixas que servem a um determinado movimento ou movimentos, tais como faixas de convergência exclusivas. Então, as faixas são designadas como "grupo de faixas". A metodologia da análise operacional (item 3.3.2.1) recomendada pelo HCM-85, contém critérios de quando e como separar grupos de faixas em uma determinada aproximação no módulo do ajustamento de volume (módulo 2).

A análise de capacidade de interseções semaforizadas é baseada no conceito da taxa de fluxo de saturação. A taxa de fluxo de saturação é definida como a taxa máxima de fluxo que pode atravessar uma dada aproximação de uma interseção, ou grupos de faixas dessa aproximação, sob as condições prevalescentes do tráfego e da via, considerando que a aproximação ou grupo de faixas têm cem por cento de tempo real de verde efetivo disponível. A taxa de fluxo de saturação é dada pelo símbolo "s", e é expressa em unidade de veículos

por hora e por tempo de verde efetivo ( $vpphv$ ). Outro conceito importante, é a taxa de fluxo para uma aproximação ou grupo de faixas, que é definida como a taxa da taxa de fluxo real para a aproximação ou grupo de faixas, " $v$ ", em relação a taxa de fluxo de saturação, " $s$ ", sendo então, dada pelo símbolo " $(v/s)_i$ " para a aproximação ou grupo de faixas  $i$ .

O nível de serviço de interseções semaforizadas é definido em termos de demora média por veículo. A demora é uma medida de desconforto do motorista, frustração, consumo de combustível e do tempo de viagem perdido. Especificamente, os critérios de nível de serviço são estabelecidos em termos da demora média que o veículo permanece parado para um período de análise de 15 minutos (vide tabela 3.12 do item 3.3.2.1). A demora pode ser medida no campo, ou pode ser estimada usando os procedimentos que serão apresentados na metodologia da análise operacional (item 3.3.2.1). Ela é uma medida complexa, e é dependente de um número de variáveis, incluindo a qualidade de progressão, o comprimento do ciclo, a taxa de verde efetivo, e a relação entre os volumes existentes e a capacidade do grupo de faixas ou aproximação em questão. Em função da demora são atribuídos os seguintes níveis de serviço:

*Nível de serviço A:* descreve operações com demoras muito baixas, isto é, menores do que 5.0 segundos por veículo. Isto ocorre quando a progressão é extremamente favorável, e quase todos os veículos chegam durante a fase de verde. Os comprimentos de ciclo curtos podem contribuir, também, para

baixas demoras.

*Nível de serviço B:* descreve operações com demoras num intervalo de 5.1 a 15.0 segundos por veículo. Isto geralmente ocorre com boa progressão e/ou comprimentos de ciclo curtos. Mais veículos param em relação ao nível de serviço A, causando maiores índices de demora.

*Nível de serviço C:* descreve operações com demoras num intervalo de 15.1 a 25.0 segundos por veículo. Essas altas demoras podem resultar de uma progressão falha e/ou de comprimento de ciclo muito longos. As falhas de ciclos individuais podem começar a aparecer nesse nível. O número de veículos parando é significativo, porém muitos ainda passam pela interseção sem parar.

*Nível de serviço D:* descreve operações com demoras entre 25.1 e 40.0 segundos por veículo. No nível D, a influência de congestionamento torna-se muito próxima. As demoras mais longas podem resultar da combinação de progressão desfavorável, comprimento de ciclo muito longo, ou altas taxas de utilização da capacidade pelo volume existente (v/c). Muitos veículos param, e a proporção dos que não param é bem menor. As falhas de ciclos individuais são claras.

*Nível de serviço E:* descreve operações com demoras entre 40.1 e 60.0 segundos por veículo. Isto é considerado como o limite aceitável de demora. Esses valores tão altos de demora geralmente indicam uma progressão pobre, comprimentos longos de ciclo e altas taxas de utilização da capacidade



de pelo volume existente ( $v/c$ ). As falhas de ciclos individuais são ocorrências frequentes nesse nível.

*Nível de serviço F:* descreve operações com demora acima de 60.0 segundos por veículo. É considerado como inaceitável por muitos motoristas. Essa situação ocorre frequentemente com supersaturação, isto é, quando as taxas de fluxo de chegada excedem a capacidade da interseção. Podem também ocorrer em altas taxas de utilização da capacidade pelo volume existente ( $v/c$ ), com  $v/c$  próximo a 1.00 mas com ciclos individuais falhos. Uma progressão pobre e comprimentos de ciclo longos podem, também, serem causas principais das demoras nesse nível.

Devido a demora ser algo muito complexo, o seu relacionamento com a capacidade é também muito complexo. Os níveis de serviço são estabelecidos baseados na aceitabilidade das várias demoras pelos motoristas. É importante notar que este conceito não está relacionado diretamente com a capacidade.

É possível ter demoras no nível de serviço F e taxas de utilização de capacidade pelo volume existente ( $v/c$ ) abaixo de 1.00. Muitas demoras altas podem ocorrer em tais taxas quando uma combinação das seguintes condições existe: (1) o comprimento do ciclo é longo; (2) o grupo de faixas, ou aproximação, em questão, está em desvantagem (tem um longo tempo de vermelho) no plano do semáforo; e/ou (3) a progressão do semáforo de tais movimentos é pobre.

O inverso pode acontecer: uma combinação de grupos de

faixas, ou apenas um grupo de faixas, saturados podem ter demandas baixas se: (1) o comprimento do ciclo é curto; e/ou (2) a progressão do semáforo é favorável para tal movimento. Assim, a designação de um nível de serviço F não implica, necessariamente, que a interseção, aproximação, ou grupo de faixa esteja sobrecarregado, nem tão pouco, um nível de serviço de A a E implica dizer que há ainda uma capacidade disponível.

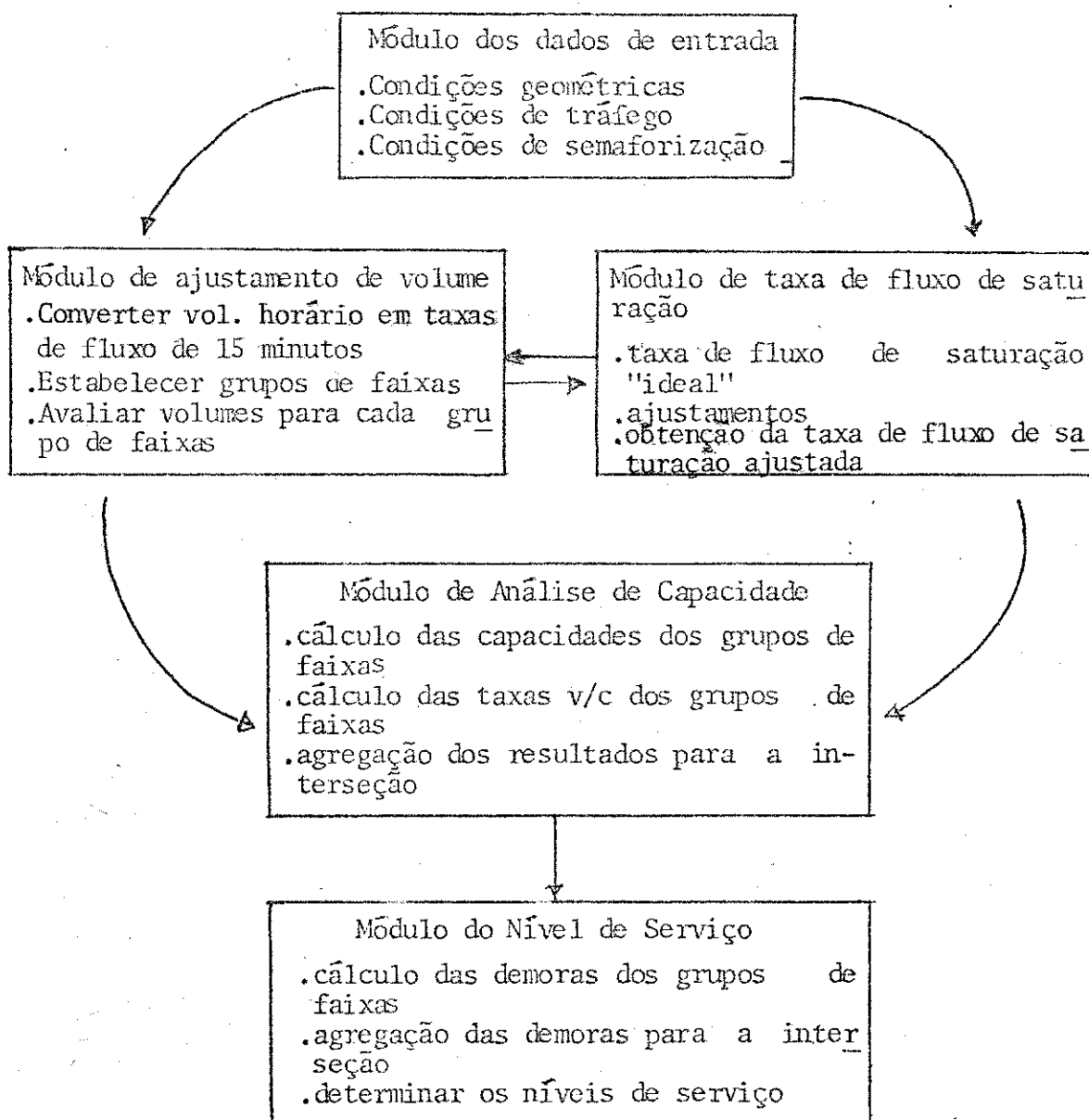
Os procedimentos de cálculo e métodos utilizados na metodologia na análise de ambos, condições de capacidade e nível de serviço, são necessários para avaliar plenamente a operação de uma interseção semaforizada. É importante que se reconheça o relacionamento destes dois conceitos e a sua aplicação em interseções semaforizadas.

### 3.3.2 Análise operacional

Tem como resultado a determinação da capacidade e do nível de serviço para cada grupo de faixas ou aproximação, como também, para a interseção como um todo. Necessita de informações detalhadas sobre as condições geométricas, de tráfego, e de semaforização da interseção. Essas informações podem ser conhecidas para casos existentes ou projetados para situações futuras.

Devido ao fato da análise operacional de interseções semaforizadas ser algo muito completo, ela é dividida em cinco módulos, de acordo com a figura 3.20.

Figura 3.20 - Módulos constituintes da análise operacional.



Fonte: fig.9-1, cap. 9 do HCM-85.

A metodologia da análise operacional, através da análise de capacidade e do nível de serviço, é capaz de fornecer detalhes completos sobre cada um dos quatro componentes: demanda ou taxa de fluxo de serviço da interseção, semaforização, características geométricas e demoras ou níveis de serviço que resultam destes. Ela é capaz de tratar de qual

quer um dos quatro componentes como um "desconhecido", a ser determinado conhecendo-se os outros três, da seguinte maneira:

a) determina-se o nível de serviço, conhecendo-se detalhes dos fluxos, da semaforização e geometria da interseção.

b) determina-se as taxas de fluxo permissíveis para níveis de serviço específicos, conhecendo-se os detalhes da semaforização e do projeto geométrico da interseção.

c) determina-se o faseamento do semáforo (para um plano de fase considerado), conhecendo o nível de serviço desejado e os detalhes do fluxo e do projeto geométrico da interseção.


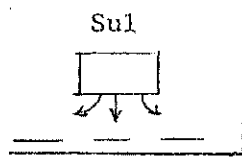
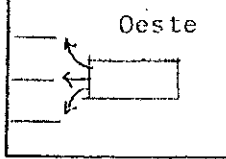
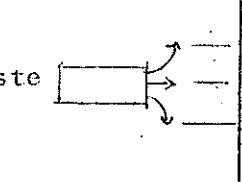
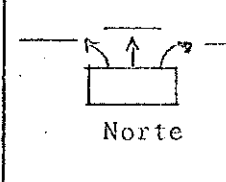
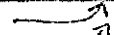
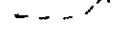
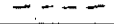
d) determina-se a geometria básica (número e alocação de faixas), conhecendo-se o nível de serviço e os detalhes do fluxo e da semaforização.

### 3.3.2.1 - Metodologia da análise operacional

Como já mencionado anteriormente, a análise operacional se divide em cinco módulos:

1. *Módulo dos Dados de Entrada*: focaliza a definição de todas as informações necessárias para os cálculos subsequentes, incluindo os dados geométricos da interseção, condições dos volumes de tráfego e semaforização. É usado para fornecer um resumo conveniente para consulta posterior durante a análise. Este resumo é apresentado num formulário (figura 3.21). Os dados necessários são detalhados e variados, e se encaixam dentre uma das seguintes categorias:

Figura 3.21 - Formulário dos dados de entrada.

FORMULÁRIO DOS DADOS DE ENTRADA										
Interseção: _____						Data: _____				
Analista : _____			Horário: _____		Área: <input type="checkbox"/> ICBD		<input type="checkbox"/> outras			
Nº Projeto: _____				Local: _____						
<b>DADOS VOLUMÉTRICOS E GEOMÉTRICOS:</b>										
		 <p style="text-align: center;">Sul</p>			 <p style="text-align: center;">Oeste</p>					
IDENTIFICAÇÃO NO DIAGRAMA:				 <p style="text-align: center;">Leste</p>			 <p style="text-align: center;">Norte</p>			
1. Volumes 2. faixas, largura das faixas 3. movimento das faixas 4. locais de estacionamento 5. comprimento de bainhas de armazenamento 6. ilhas 7. paradas de ônibus										
Condições do Tráfego da Via										
Aproximação	Greide %	% VP	Estacionam.		Ônibus (AB)	FHP	Pedestres (por hora)	Botão p/Pedestres		Tempo de Chegada
			Sim/Não	Nm				Sim/Não	Tempo mínimo	
Leste										
Oeste										
Norte										
Sul										
Greide: +p/cima; -p/baixo; VP: Veículo Pesado (+4 rodas); Nm: nº manobras de estacionamento. NB: paradas de ônibus no local; FHP: fator hora de pico										
FASEAMENTO										
	G = Y+R =		G = Y+R =		G = Y+R =		G = Y+R =		G = Y+R =	
Fixo ou Atualizado	ou	F	F							
G = verde			Y = amarelo			R = vermelho				
Simbologia do faseamento										
 Convergências protegidas  Convergências toleradas  Pedestres					Comprimento do Ciclo: _____ seg.					

rias:

1) Condições Geométricas - a geometria da interseção é geralmente apresentada na forma diagramática. Os detalhes geométricos das faixas devem ser mostrados no diagrama da interseção. Os detalhes incluem:

- a) número de faixas,
- b) larguras das faixas,
- c) os movimentos do tráfego que estão usando cada faixa (mostrados por setas),
- d) a existência e localização das faixas de estacionamento adjacentes ao meio fio,
- e) a existência e os comprimentos das bainhas de armazenamento,
- f) a existência de ilhas, e
- g) a existência e localização das paradas de ônibus locais.

Onde as condições geométricas não forem conhecidas, um projeto baseado na prática local deve ser proposto. O Apêndice I deste trabalho contido nos Anexos pode ser consultado para auxiliar no estabelecimento do projeto para a análise. Onde existirem faixas de convergência à esquerda separadas, os procedimentos consideram que o comprimento da bainha de armazenamento deva ser adequado. Isto deverá ser verificados com os critérios do Apêndice I deste trabalho.

2. *Condições de Tráfego:* incluem os volumes para cada aproximação, que devem ser especificados para cada movimento. Os volumes horários de cada aproximação são colocados em retângulos apropriados em cada esquina do dia

grama da interseção.

Na porção central do formulário, os parâmetros das condições de tráfego da via são tabulados.

Os dados necessários para cada aproximação são:

- a) o percentual de greide que é colocado na primeira coluna, o sinal "+" indica subida, e o sinal "-" indica descida.
- b) o percentual de veículos pesados que é colocado na segunda coluna. Normalmente será a média dos percentuais dos movimentos contidos na aproximação. Onde a presença de veículos pesados variar significativamente entre os movimentos, percentuais separados podem ser considerados. Um veículo pesado é qualquer veículo com mais de quatro rodas tocando o pavimento.
- c) as terceira e quarta colunas do formulário da figura 3.21 descrevem as características de estacionamento da aproximação. A terceira coluna indica a presença de uma faixa de estacionamento adjacente ao fluxo de tráfego da aproximação, com um "sim" ou um "não". A quarta coluna indica o número de manobras de estacionamento por hora ocorrendo dentro e fora da faixa de estacionamento até 75 metros da interseção. (5).
- d) o número de paradas de ônibus locais por hora para carregar e descarregar passageiros nas proximidades da interseção. Qualquer ônibus que parar até 75 metros da interseção será considerado na análise. Os ônibus que estiverem parando além dessa distância, mas que passarem na interseção serão considerados como veículos pesados.
- e) o fator hora de pico (FHP) de cada aproximação que é colo

do na coluna 6.

f) os fluxos de pedestres são necessários, pois eles interferirão nos movimentos de convergência à direita (5). Assim, para uma aproximação à Oeste, o fluxo de pedestres da aproximação ao Norte será tomado como conflitante. Para uma aproximação à Leste, o fluxo de pedestres da aproximação ao Sul será tomado como conflitante; para uma aproximação ao Norte, o fluxo de pedestres à Leste será considerado como conflitante; e para uma aproximação ao Sul, o fluxo de pedestres à Oeste será considerado como conflitante. Estes valores serão anotados na coluna 7 do formulário da figura 3.21.

g) para identificar o tipo de chegada, a qual descreve as características do pelotão e da progressão em termos gerais, a coluna 10 é usada. Esta é uma das características mais críticas do tráfego, sendo identificada por números de 1 a 5 de acordo com o HCM-85 (pág. 9-7):

*Tipo 1* - esta condição de chegada é definida como uma chegada de um pelotão denso na interseção no começo da fase de vermelho. Esta é a pior condição de um pelotão.

*Tipo 2* - esta condição pode ser usada para definir a chegada de um pelotão durante a metade da fase de vermelho ou uma chegada de um pelotão disperso durante a fase de vermelho. É melhor do que o tipo 1, sendo ainda uma condição desfavorável de chegada de um pelotão.

*Tipo 3* - esta condição representa chegadas totalmente randômicas. Isto ocorre quando as chegadas são amplamen-



te dispersas durante as fases de vermelho e verde, e/ou onde a interseção é totalmente descoordenada com os outros semáforos de cruzamentos próximos - talvez porque esteja em uma localização isolada ou porque os semáforos operam em comprimentos de ciclo diferentes. Esta é uma condição média.

.*Tipo 4* - esta condição é definida como uma chegada de um pelotão denso durante a metade da fase de verde, ou uma chegada dispersa durante a fase de verde. Esta é uma condição moderadamente favorável.

.*Tipo 5* - esta condição é definida como uma chegada de um pelotão denso no início da fase de verde. É a condição mais favorável.

O tipo de chegada deve ser determinado de forma mais precisa possível, pois terá um impacto significativo nas estimativas de demora e na determinação dos níveis dos serviços. Contudo, não há parâmetros definitivos para quantificar precisamente o tipo de chegada, sendo assim, a seguinte taxa é considerada como um valor bastante útil:

$$R_p = PVG/PTG \quad (3.4)$$

onde:

- $R_p$  é a taxa de chegada do pelotão;
- $PVG$  é o percentual de todos os veículos em movimento que chegam durante a fase de verde; podendo ser observado em campo; e
- $PTG$  é o percentual do ciclo que é verde para o movimento:

$PTG = (g/C) \times 100$ , onde  $g$  é o tempo de verde efetivo e  $C$  o comprimento do ciclo. Podendo ser calculado do plano fásico do semáforo.

A tabela 3.1 abaixo fornece os intervalos aproximados de  $R_p$ , relacionando-o com o tipo de chegada.

Tabela 3.1 - Relacionamento entre o tipo de chegada e a taxa de pelotão.

Tipo de Chegada	Taxa de Pelotão $R_p$
1	0.00 a 0.50
2	0.51 a 0.85
3	0.86 a 1.15
4	1.16 a 1.50
5	$\geq 1.51$

Fonte: tab.9-2, cap.9 do HCM-85.

3) *Condições de Semaforização*: a informação completa referente a semaforização é necessária. Isto inclui um diagrama do faseamento, comprimento do ciclo, tempos de verde e intervalos de troca, sendo apresentados na parte inferior do formulário da figura 3.21. As fases atuadas devem ser identificadas, incluindo a existência de fases atuadas para pedestres acionadas através dos botões detectores de presença de pedestres.

As colunas 8 e 9 da porção central do formulário da figura 3.21 descrevem o controle de pedestres da interseção. A oitava coluna indica a existência ("sim") ou inexistência ("não") de um botão detector de presença de pedestres na aproximação em questão. A nona coluna fornece o tempo míni-

mo necessário para o pedestre atravessar a aproximação, ou grupo de faixas, no caso de existir um refúgio central para pedestres. No caso de não existir o botão detector de presença de pedestres, o tempo de verde mínimo necessário para o pedestre atravessar deve ser estimado da seguinte maneira:

$$G_p = 7,0 + (d/1,22) - T \quad (3.5)$$

onde:

$G_p$  é o tempo de verde mínimo necessário para a travessia do pedestre, em segundos;

$d$  é a distância do meio fio ao centro da faixa mais distante de viagem a ser atravessada pelo pedestre, ou a ilha de refúgio para pedestres mais próxima, em metros; e

$T$  é o intervalo de troca (amarelo mais o vermelho geral), em segundos.

Obs.: é considerado que o 85º percentil de velocidade de pedestres atravessando a via seja de 1,22 m/s, o que equivale a 4,0 pés/seg adotado pelo HCM-85, no cap.9, pág. 9-8.

Quando houver o botão detector de pedestres, o tempo de verde mínimo para que o pedestre efetue sua travessia de verá ser indicado e fornecido pelo faseamento do semáforo.

Onde as fases do semáforo são atuadas, os comprimentos dos ciclos e os tempos de verde variam de ciclo-a-ciclo de acordo com a demanda. Para se estabelecer valores para a análise, a operação do semáforo deverá ser observada em campo durante o mesmo período em que os volumes forem observados. Os valores médios de comprimento de ciclo e tempos

de verde podem ser utilizados na análise.

Neste trabalho, o Apêndice II contém sugestões para o projeto de um processo de semaforização, que poderá ser muito útil. Este apêndice não deve ser considerado como sendo padrão ou critério para um projeto de semaforização. Note que um processo de semaforização não pode ser designado até que os módulos de ajustamento de volume e da taxa de fluxo de saturação sejam concluídos. Em alguns casos, o processo é iterativo, porque os ajustamentos de convergênçias à esquerda devido a convergências toleradas usadas no módulo da taxa de fluxo de saturação depende do faseamento do semáforo. O Apêndice II também contém sugestões para a estimativa do faseamento de um sinal atuado, se as observações de campo não estiverem disponíveis.

Quando conhecido o faseamento do semáforo, este é mostrado diagramaticamente na parte inferior do formulário da figura 3.21. Cada retângulo mostra uma única fase ou subfase durante a qual os movimentos tolerados permanecem constantes.

1. Para cada fase, são mostrados os movimentos com setas. As convergências toleradas são mostradas com setas pontilhadas, enquanto que as convergências protegidas são mostradas com setas contínuas. O fluxo de pedestres conflitante deve ser mostrado com linhas pontilhadas.

2. Para cada fase, o tempo de verde real e o tempo real de amarelo mais vermelho são mostrados, em segundos, na linha logo abaixo do retângulo.

3. Cada fase, deve ser identificada como sendo de um

semáforo com o tempo fixo ou atuado, pelas letras (F) ou (A), respectivamente.

Para completar as informações necessárias ao preenchimento do formulário da figura 3.21, é anotado o comprimento do ciclo do semáforo na parte inferior do formulário.

Quando alguns dados necessários para análise não estiverem disponíveis, ou por quaisquer outros motivos não houver possibilidade de serem estabelecidos adequadamente, esta metodologia apresenta uma tabela logo abaixo, a tabela 3.2 (equivalente a tabela 9-3, cap.9 do HCM-85), a qual fornece valores que podem ser adotados como uma aproximação, sendo selecionados através do julgamento pessoal do analista.

Tabela 3.2 - Valores recomendados para uso na análise operacional na falta de dados reais do local.

Parâmetros	Valores recomendados
Taxa de Fluxo de Pedestres, peds/hr	Fluxo baixo 50 peds/hr Fluxo moderado 200 peds/hr Fluxo alto 400 peds/hr
Percentual de Veículos Pesados, %VP	2%
Fator hora de pico, HHP	0.90
Greide	0%
Número de Ônibus, N <sub>b</sub>	0 ônibus/hr
Número de manobras de estacionamento, N <sub>m</sub>	20 manobras/hr, onde existir estacionamento.
Tipo de Chegada	3

Fonte: Tabela 9-3, cap.9 do HCM-85.

2. Módulo de Ajustamento de Volume: focaliza o (1)

ajustamento do volume horário dos movimentos, que devido ao fato de que nem todos os movimentos da interseção não possuem pico ao mesmo tempo, é aconselhável observar os fluxos para um pico de 15 minutos diretamente, e selecionar os períodos críticos para a análise. A conversão é feita então de volumes horários para taxas de fluxo para um período de pico de 15 minutos dentro da hora de pico, (2) estabelecimento dos grupos de faixas para análise, e (3) ajustamento dos fluxos de demanda para refletir a distribuição de faixa.

O formulário da figura 3.22 é fornecido para o cálculo de ajustamento do volume. Como primeiro passo no preenchimento, devem ser colocados os volumes horários dos movimentos na coluna 3 do formulário. Eles são retirados diretamente do diagrama da interseção contido no formulário do Módulo dos Dados de Entrada (figura 3.21).

A conversão de volumes horários em taxas de fluxo é feita usando o fator de hora de pico (FHP) que considera todos os picos dos movimentos durante o mesmo período de 15 minutos. O cálculo é feito através da equação:

$$vp = v/FHP \quad (3.6)$$

onde:

vp é a taxa de fluxo para um período de análise de 15 minutos de pico, em vph;

v é o volume horário do movimento, em vph; e

FHP é o fator hora de pico, que pode ser definido para o movimento, para a aproximação ou para a interseção

Figura 3.22 - Formulário de Ajustamento de Volume.

(1) Aproximações	(2) Movimento	(3) Volume por movimento	(4) Fator hora de pico	(5) Taxa de Fluxo, v <sub>p</sub>	(6) Grupo de Faixas	(7) Taxa de Fluxo no Grupo de Faixas, v <sub>g</sub> (vph)	(8) Nº de Faixas (N)	(9) Fator de Utilização de faixas Tab. 3.3	(10) Fluxo Ajustado (vph) (7) x (9)	(11) Proporção de Convergência à direita e esquerda P <sub>CD</sub> e P <sub>CE</sub>
L E S T E	Convergências à esquerda									
	Direto									
	Convergências à direita									
O E S T E	Convergências à esquerda									
	Direto									
	Convergências à direita									
N O R T E	Convergências à esquerda									
	Direto									
	Convergências à direita									
S U L	Convergências à esquerda									
	Direto									
	Convergências à direita									

Fonte: Fig. 9-7, cap. 9 do HCM-85.

como um todo.

O FHP é colocado na coluna 4, e o resultado do cálculo da equação 3.6 é colocado na coluna 5 do formulário da figura 3.22.

Na coluna 6, os grupos de faixas para a análise devem ser estabelecidos baseados em alguns critérios:

a) uma faixa de convergência à esquerda, ou faixas, devem ser consideradas como um grupo de faixas separado, o mesmo diz respeito às convergências à direita exclusivas.

b) em aproximações com faixas de convergência exclusivas, todas as outras faixas devem geralmente ser incluídas num único grupo de faixas.

c) onde uma aproximação com mais de uma faixa incluir uma faixa que possa ser utilizada por movimentos de convergência à esquerda e diretos, é necessário verificar se há um equilíbrio de utilização da faixa por esses movimentos, ou se a faixa opera efetivamente como uma faixa de convergência à esquerda. Nesse caso, os movimentos devem ser estabelecidos em grupos de faixas separados. Se houver equilíbrio, então devem ser reunidos num único grupo de faixas.

A aproximação como um todo é usada para fazer esta determinação. A taxa de fluxo de convergência à esquerda é convertida em uma taxa de fluxo direto equivalente:

$$v_{CE} = v_E \times 1800/1400 - V_0 \quad (3.7)$$

onde:

$v_{CE}$  é a taxa de fluxo direto equivalente em vph;

$v_E$  é a taxa de fluxo de convergência à esquerda para um pico de 15 minutos, em vph; e



$V_0$  é a taxa de fluxo oposto, descontando as convergências à esquerda de uma faixa exclusiva ou de uma aproximação de faixa única.

Considera-se que a faixa esquerda atua como uma faixa de convergência exclusiva, e se analisa este movimento num grupo de faixas separado se

$$V_{CE} \geq (v_a - v_E)/(N-1) \quad (3.8)$$


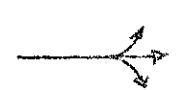

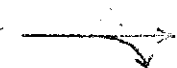
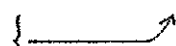

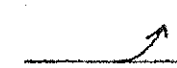

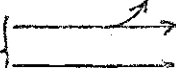





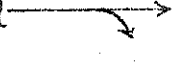


porém se, 
$$V_{CE} \leq (v_a - v_E)/(N-1) \quad (3.9)$$

onde  $v_a$  é a taxa de fluxo total da aproximação, em vph. Então, considera-se que há uso dividido da faixa esquerda da aproximação, incluindo-se essa faixa como parte do grupo de faixas único para a aproximação como um todo.

Onde duas ou mais faixas são incluídas num único grupo de faixas para propósito de análise, todos os cálculos subsequentes serão tratados para essas faixas como uma única entidade. A figura 3.23 ilustra alguns esquemas de grupo de faixas típicos.

A operação em faixas dividida por movimentos de convergência à esquerda com faseamento de convergência à esquerda tolerada é muito complexa. Os veículos de convergência à esquerda executam suas manobras através de brechas na corrente de tráfego oposta. A primeira brecha, no entanto, não aparece até que a fila de veículos opostos libere a interseção. Se houver a chegada de um veículo que irá convergir à esquerda no momento em que a fila do tráfego oposto esteja liberando a interseção, esta chegada efetivamente bloqueia a faixa para ambos os movimentos direto e de convergência à esquerda até que a primeira brecha apareça. Nesse momento, as convergências são feitas até que a fase de verde termine, tempo no qual até dois veículos podem ser capazes de executarem convergências durante o intervalo de troca. Qualquer

Figura 3.23 - Grupos de faixas típicos para análise.

Nº de Faixas	Movimentos por faixa	Possibilidade de grupos faixas
	CE+D+CD* 	(1) 
	CE EXC.**  	(2)  
	CE+D  D +CD 	(1)  (2) 
	CE EXC.  D  D +CD 	(2)   (3)  

\* CE: Conv. à esquerda

\* CD: Conv. à direita

\* D: Direto

\*\* CE EXC.: Conv. à esquerda exclusiva.

Fonte: fig.9-3, cap. 9 - HCM-85.

bloqueio ou congestionamento na faixa dividida influenciará na distribuição da faixa, pois os veículos passam a se mover para as faixas adjacentes, para evitar turbulências ou demoras. Outro fator que também influencia na distribuição de faixas, é se um veículo direto chega na interseção no tempo exato em que uma brecha aparece no tráfego oposto, nenhum veículo de convergência à esquerda será capaz de usá-la, pois um grande número de veículos de movimento direto que dividem a faixa podem bloquear muitas brechas disponíveis, como também, tornar a capacidade de brecha insuficiente para o veículo de convergência à esquerda utilizá-la.

A apresentação dos grupos de faixas deve ser feita na coluna 6 do formulário da figura 3.22, ilustrando as faixas e os movimentos do grupo. Os movimentos de convergência tolerados serão mostrados com setas pontilhadas, enquanto que os movimentos de convergências protegidas deverão ser mostrados com setas contínuas.

Uma vez que os grupos de faixas estejam definidos, as taxas de fluxo para os movimentos são incluídas e adicionadas de acordo com o grupo ao qual pertencem, sendo colocadas suas somas na coluna 7 do formulário da figura 3.22, como a taxa de fluxo de demanda do grupo de faixas,  $v_g$ .

Em seguida, na coluna 8, são colocados os números de faixas de cada grupo de faixas.

Após os volumes dos movimentos terem sido ajustados para as taxas de fluxo de um período de pico de 15 minutos, e os grupos de faixas serem estabelecidos, as taxas de fluxo de cada grupo de faixas serão ajustadas para refletir a uti

lização desigual das faixas. Uma vez que não exista uma única faixa, o fluxo não se dividirá igualmente. O ajustamento de utilização de faixas reflete isto, e aumenta a taxa de fluxo da análise para refletir o fluxo na faixa com maior utilização. Assim:

$$\bar{v} = v_g \cdot U \quad (3.10)$$

onde:

$v$  é a taxa de fluxo de demanda ajustada para o grupo de faixas, em vph;

$v_g$  é a taxa de fluxo de demanda ainda não ajustada para o grupo de faixas, em vph; e

$U$  é o fator de utilização de faixas.

O fator de utilização de faixas é encontrado na tabela 3.3 a seguir, e é somente usado quando se deseja analisar a pior de duas ou mais faixas de um grupo de faixas. Onde as condições de grupo de faixas forem desejáveis, o fator torna-se igual a 1.00. O fator pode ser, também, igual a 1.00 quando a taxa de utilização da capacidade por parte do volume existente no grupo de faixas aproximar-se de 1.00, já que as faixas tendem a serem mais igualmente utilizadas em tais situações. Quando empregado o fator de utilização, assume-se que a faixa mais carregada de um grupo de faixas com duas faixas serve a 52,5% do fluxo total, enquanto que para um grupo de faixas com três faixas serve a 16,7% do fluxo total.

O valor do fator de utilização do grupo de faixas é colocado na coluna 9 do formulário da figura 3.22, e o resul-

tado da equação 3.10 é anotado na coluna 10 para os seus respectivos grupos de faixas.

Tabela 3.3 - Fator de Utilização de Faixas.

Nº de faixas de mov. direto e de conv. à direita (excluindo faixas usadas por convergências à esquerda).	Utilização de faixas Fator U
1	1.00
2	1.05
≥ 3	1.10

Fonte: Tabela 9-4, cap.9 do HCM-85.

Após a taxa de fluxo ter sido calculada e ajustada para cada grupo de faixas e seu valor ter sido anotado na coluna 10, na próxima e última coluna do formulário, a coluna 11, anota-se a proporção de convergências do grupo de faixas. Esses valores podem ser calculados como segue:

1. para convergências à esquerda:

$$P_{CE} = v_{CE}/v_g \quad (3.11)$$

onde:

$P_{CE}$  é a proporção de convergências à esquerda.

2. para convergências à direita:

$$P_{CD} = v_{CD}/v_g \quad (3.12)$$

onde:

$P_{CD}$  é a proporção de convergências à direita; e  
 $v_{CD}$  é a taxa de fluxo de convergência à direita equivalente aproximada, em vph.

Esse módulo contribui com variáveis importantes para os cálculos subsequentes, ou seja, o ajustamento dos fluxos de demanda e os valores de  $P_{CE}$  e  $P_{CD}$  que serão utilizados posteriormente na obtenção de valores em tabelas, que serão os fatores de convergência utilizados no módulo seguinte.

3. *Módulo da Taxa de Fluxo de Saturação*: é apresentado um formulário na figura 3.24. Neste módulo, a taxa de fluxo de saturação é estabelecida em veículos por hora, os quais podem ser acomodados por um grupo de faixas, considerando que a fase de verde esteja sempre disponível para a aproximação. Os cálculos se iniciam com a seleção de uma taxa de fluxo de saturação "ideal", cuja metodologia apresentada adota como sendo 1800 carros-passeio por hora de verde por faixa ( $f_{cpph}$  por faixa) e ajusta-se esse valor para uma série de condições prevalentes que não são ideais, da seguinte forma:

$$s = s_0 \times N \times f_L \times f_{VP} \times f_G \times f_E \times f_{PO} \times f_A \times f_{CD} \times f_{CE} \quad (3.13)$$

onde:

$s$  é a taxa de fluxo de saturação para o grupo de faixas em questão, expresso como um total para todas as faixas;

$s_0$  é a taxa de fluxo de saturação "ideal" por faixas, geralmente 1800 cp/h de verde por faixa;

$f_L$  é o fator de ajustamento devido a largura da faixa, da do pela tabela 3.4;

$f_{VP}$  é o fator de ajustamento devido a presença de veícu

Figura 3.24 - Formulário de Ajustamento da Taxa de Fluxo de Saturação.

GRUPO DE FAIXAS		(3) Fluxo de Saturação ideal (cph/pf) p/tempo de verde	(4) Nº de Faixas N	Fatores de Ajustamento								(15) Taxa de fluxo de Saturação Ajustada (s) (vph)
(1) Aproximação	(2) Movimento do grupo de faixas			(5) Largura de Faixas $f_L$	(6) Veículos Pesados $f_{VP}$	(7) Greide $f_G$	(8) Estacionamento. $f_E$	(9) Bloqueio de Ônibus $f_{PO}$	(10) Tipo de Área $f_A$	(11) Converg. à direita $f_{CD}$	(12) Converg. à esquerda $f_{CE}$	
				Tab. 3.4	Tab. 3.5	Tab. 3.6	Tab. 3.7	Tab. 3.8	Tab. 3.9	Tab. 3.10	Tab. 3.11	
L E S T E												
O E S T E												
N O R T E												
S U L												

Fonte: fig.9-8, cap. 9 do HCM-85.

los pesados na corrente de tráfego, dado na tabela 3.5;

$f_G$  é o fator de ajustamento devido ao greide da aproximação, dado na tabela 3.6;

$f_E$  é o fator de ajustamento devido a existência de estacionamento adjacente ao grupo de faixas e a atividade de estacionamento na faixa, dado na tabela 3.7;

$f_{PO}$  é o fator de ajustamento devido ao efeito de bloqueio ocasionado pelas paradas de ônibus locais na área da interseção, dado na tabela 3.8;

$f_A$  é o fator de ajustamento devido ao tipo de área onde está localizada a interseção, dado na tabela 3.9;

$f_{CD}$  é o fator de ajustamento devido a convergências à direita no grupo de faixa, dado na tabela 3.10; e

$f_{CE}$  é o fator de ajustamento devido a convergências à esquerda no grupo de faixas, dado na tabela 3.11, ou calculado através de um procedimento especial que será tratado posteriormente.

Quando para cada um dos fatores acima não estiverem disponíveis dados detalhados, a metodologia aconselha utilizar um valor aproximado para se obter "s":

$$s = 1600 \text{ vph de verde por faixa} \times N \quad (3.14)$$

Note, no entanto, que esse procedimento torna a análise altamente aproximada. Em virtude disso, este trabalho apresenta o Apêndice III que fornece um procedimento para medir a taxa de fluxo de saturação prevalecente, "s", diretamente.



Tabela 3.4 - Fator de ajustamento para largura de faixa,  $f_L$ 

LARGURA FAIXA, pés	8	9	10	11	12	13	14	15	$\geq 16$
FATOR DE LARG. FAIXA, $f_L$	0.87	0.90	0.93	0.97	1.00	1.03	1.07	1.10	Use 2 faixas

Fonte: Tabela 9-5, cap. 9 do HCM-85.

Tabela 3.5 - Fator de ajustamento para veículos pesados,  $f_{VP}$ 

% VEÍC. PES.	%VP	0	2	4	6	8	10	15	20	25	30
FATOR DE VEÍC. PESADO, $f_{VP}$		1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.91	0.89	0.87

Fonte: Tabela 9-6, cap. 9 do HCM-85.

Tabela 3.6 - Fator de ajustamento para o greide,  $f_G$ 

FATOR DE GREIDE, $f_G$	ABAIXO			EM NÍVEL	ACIMA		
	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6
	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97

Fonte: Tabela 9-7, cap. 9 do HCM-85.

Tabela 3.7 - Fator de ajustamento para estacionamento,  $f_E$ 

Nº DE FAIXAS NO GRUPO DE FAIXAS	NÃO ESTAC.	Nº DE MANEIRAS DE ESTACIONAMENTO POR HORA, $N_m$				
		0	10	20	30	40
1	1.00	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70
2	1.00	0.95	0.92	0.89	0.87	0.85
3	1.00	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89

Fonte: Tabela 9-8, cap. 9 do HCM-85.

Tabela 3.8 - Fator de ajustamento para bloqueio por ônibus,  $f_{PO}$ 

Nº DE FAIXAS NO GRUPO DE FAIXAS	Nº DE ÔNIIBUS PARANDO POR HORA, $N_B$				
	0	10	20	30	40
1	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83
2	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92
3	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94

Fonte: Tabela 9-9, cap. 9 do HCM-85.

Tabela 3.9 - Fator de ajustamento para o tipo de área,  $f_A$ 

TIPO DE ÁREA	FATOR, $f_A$
CD	0.90
Todas outras áreas	1.00

Fonte: Tabela 9-10, cap. 9 do HCM-85.

Tabela 3.10 - Fator de ajustamento para convergência à direita,  
 $f_{CD}$

CASO	TIPO DE GRUPO FAIXAS	Fator de Convergência à Direita, $f_{CD}$							
1	Faixa CD <sup>a</sup> Exclusiva com faseamento pro- tegido.	0.85							
2	Faixa CD Exclusiva com faseamento to- lerado	$f_{CD} = 0.85 - (\text{peds}/2.100)$ peds $\leq$ 1.700							
		$f_{CD} = 0.05$ peds $>$ 1.700							
		Nº DE PEDES- TRES (peds/hr)	0	50 (baixo)	100	200 (Médio)	300	400 (Alto)	500
		Fator	0.85	0.83	0.80	0.75	0.71	0.66	0.61
		Nº DE PEDESTRES (peds./hr)	600	800	1000	1.200	1.400	1.600	$\geq$ 1.700
Fator	0.56	0.47	0.37	0.28	0.18	0.05	0.05		
3	Faixa CD Exclusiva com  Faseamento Protegido mais tolerado	$f_{CD} = 0.85 - (1 - P_{CD}^b (\text{peds}/2100))$							
		$f_{CD} = 0.05$ (mínimo)							
	Nº DE PEDEST. (peds/hr)	PROP. DE CD USANDO FASE PROTEGIDA, $P_{CD}$							
		0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00		
	0	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	
	50 (baixo)	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.85	
	100	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.85	
	200 (médio)	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.85	
	300	0.71	0.74	0.76	0.79	0.82	0.85	0.85	
	400 (alto)	0.66	0.70	0.74	0.77	0.81	0.85	0.85	
600	0.56	0.62	0.68	0.74	0.79	0.85	0.85		
800	0.47	0.55	0.62	0.70	0.77	0.85	0.85		
1.000	0.37	0.47	0.56	0.66	0.75	0.85	0.85		
1.400	0.18	0.32	0.45	0.58	0.72	0.85	0.85		
$\geq$ 1.700	0.05	0.20	0.36	0.53	0.69	0.85	0.85		

continuação da Tabela 3.10.

CASO	TIPO DE GRUPO DE FAIXAS	Fator de Convergência à Direita, $f_{CD}$							
4	Faixa CD Dividida com faseamento protegido.	$f_{CD} = 1.0 - 0.15 P_{CD}$							
		Prop. de CD na faixa, $P_{CD}$	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	
		Fator	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	
5	Faixa CD dividida com faseamento tolerado.	$f_{CD} = 1.0 - P_{CD} [0.15 + (\text{peds}/2.100)]$ $f_{CD} = 0.05$ (mínimo)							
		Nº DE PEDESTRES (peds/hr)	PROP. DE CD NO GRUPO DE FAIXAS, $P_{CD}$						
			0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	
		0	1.00	0.57	0.94	0.91	0.88	0.85	
		50 (baixo)	1.00	0.97	0.93	0.90	0.86	0.83	
		100	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	
		200 (médio)	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	
		400 (alto)	1.00	0.93	0.86	0.80	0.73	0.66	
		600	1.00	0.91	0.83	0.74	0.65	0.56	
		800	1.00	0.89	0.79	0.68	0.58	0.47	
1000	1.00	0.87	0.75	0.62	0.50	0.37			
1400	1.00	0.84	0.67	0.51	0.35	0.18			
>1700	1.00	0.81	0.62	0.42	0.23	0.05			
6	Faixa CD Dividida com faseamento protegido mais tolerado.	$f_{CD} = 1.0 - P_{CD} [0.15 + (\text{peds}/2.100)(1 - P_{CD})]$ $f_{CD} = 0.05$ (mínimo)							
		Prop. CD Usando a Fase Proteg. $P_{CD}$	Nº de Pedestres (peds/hr)	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
		0.0	Todos	o mesmo do caso 5					
		0.20	0	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85
			50 (baixo)	1.00	0.97	0.93	0.90	0.86	0.83
200 (médio)	1.00		0.95	0.91	0.86	0.82	0.77		
400 (alto)	1.00		0.94	0.88	0.82	0.76	0.70		
600	1.00		0.92	0.85	0.77	0.70	0.62		
1000	1.00	0.89	0.79	0.68	0.58	0.47			
1400	1.00	0.86	0.73	0.59	0.45	0.32			
1700	1.00	0.81	0.62	0.42	0.23	0.20			

Continuação da Tabela 3.10.

6		0.40	0	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85
			50	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.84
			200	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.79
			400	1.00	0.95	0.89	0.84	0.79	0.74
			600	1.00	0.94	0.87	0.81	0.74	0.68
			1000	1.00	0.91	0.83	0.74	0.65	0.56
			1400	1.00	0.89	0.78	0.67	0.56	0.45
			≥ 1700	1.00	0.87	0.75	0.62	0.49	0.36
		0.60	0	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85
			50	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.84
			200	1.00	0.96	0.92	0.89	0.85	0.81
			400	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.72
			600	1.00	0.94	0.89	0.84	0.79	0.74
			1000	1.00	0.93	0.86	0.80	0.73	0.66
			1400	1.00	0.92	0.83	0.75	0.67	0.58
			≥ 1700	1.00	0.91	0.81	0.72	0.62	0.53
		0.80	0	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85
			50	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85
			200	1.00	0.97	0.93	0.90	0.86	0.83
			400	1.00	0.96	0.92	0.89	0.85	0.81
			600	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.79
			1000	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
		1400	1.00	0.94	0.89	0.83	0.77	0.72	
		≥ 1700	1.00	0.94	0.88	0.81	0.75	0.69	
		1.00	Todos	O mesmo do caso 4					
7	Aproximação de faixa única	$f_{CD} = 0.90 - P_{CD} [0.135 + (peds/2.100)]$ $f_{CD} = 0.05$ (mínimo)							
		Nº pedestres (peds/hr)	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	
		0	1.00	0.87	0.85	0.82	0.79	0.77	
		50 (baixo)	1.00	0.87	0.84	0.81	0.77	0.74	
		100	1.00	0.86	0.83	0.79	0.76	0.72	
		200 (médio)	1.00	0.86	0.81	0.77	0.72	0.68	
		300	1.00	0.85	0.79	0.74	0.69	0.64	
		400 (alto)	1.00	0.84	0.78	0.72	0.65	0.59	
		600	1.00	0.82	0.74	0.66	0.59	0.51	
		800	1.00	0.80	0.71	0.61	0.52	0.42	
		1000	1.00	0.79	0.67	0.56	0.45	0.34	
		1200	1.00	0.77	0.64	0.51	0.38	0.25	
1400	1.00	0.75	0.61	0.46	0.31	0.16			
≥ 1700	1.00	0.73	0.55	0.38	0.21	0.05			
8	Faixa dupla CD exclusiva com faseamento protegido.	0.75							

a CD = Convergência à direita

b P<sub>CD</sub> = proporção da fase protegida usada pela convergência à direita.

Fonte: Tabela 9-11, cap. 9 do HCM-85.

Tabela 3.11 - Fator de ajustamento devido a convergência à esquerda,

 $f_{CE}$ .

CASO	TIPO DE GRUPOS DE FAIXAS	Fator de Convergência à esquerda, $f_{CE}$																																																																					
1	Faixa CE <sup>a</sup> exclusiva com faseamento protegido	0,95																																																																					
2	Faixa CE exclusiva com faseamento tolerado	Procedimento Especial. Ver formulário da fig. 4																																																																					
3	Faixa CE exclusiva com faseamento protegido mais tolerado	0,95 <sup>b</sup>																																																																					
4	Faixa CE dividida com faseamento protegido	$f_{CD} = 1.0 / (1.0 + 0.05 P_{CE})$																																																																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Prop. de CE na faixa, <math>P_{CE}</math></th> <th>0.00</th> <th>0.20</th> <th>0.40</th> <th>0.60</th> <th>0.80</th> <th>1.00</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fator</td> <td>1.00</td> <td>0.99</td> <td>0.98</td> <td>0.97</td> <td>0.96</td> <td>0.95</td> </tr> </tbody> </table>	Prop. de CE na faixa, $P_{CE}$	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	Fator	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95																																																							
Prop. de CE na faixa, $P_{CE}$	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00																																																																	
Fator	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95																																																																	
5	F. CE div. com faseamento tolerado	Procedimento Especial. Ver formulário da fig. 4																																																																					
6	Faixa CE dividida com faseamento protegido mais tolerado	$f_{CE} = (1.400 - V_o) / [1.400 - V_o + (235 + 0.435V_o)] P_{CE}$ $V_o \leq 1.220$ vph $f_{CE} = 1 / [1 + 4.525 P_{CE}]$ $V_o \geq 1.220$ vph																																																																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Volume Oposto <math>V_o</math></th> <th colspan="6">Prop. de convergência à esquerda, <math>P_{CE}</math></th> </tr> <tr> <th>0.00</th> <th>0.20</th> <th>0.40</th> <th>0.60</th> <th>0.80</th> <th>1.00</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1.00</td> <td>0.97</td> <td>0.94</td> <td>0.91</td> <td>0.88</td> <td>0.86</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1.00</td> <td>0.95</td> <td>0.90</td> <td>0.86</td> <td>0.82</td> <td>0.78</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>1.00</td> <td>0.92</td> <td>0.85</td> <td>0.80</td> <td>0.75</td> <td>0.70</td> </tr> <tr> <td>600</td> <td>1.00</td> <td>0.88</td> <td>0.79</td> <td>0.72</td> <td>0.66</td> <td>0.61</td> </tr> <tr> <td>800</td> <td>1.00</td> <td>0.83</td> <td>0.71</td> <td>0.62</td> <td>0.55</td> <td>0.49</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>1.00</td> <td>0.74</td> <td>0.58</td> <td>0.48</td> <td>0.41</td> <td>0.36</td> </tr> <tr> <td>1200</td> <td>1.00</td> <td>0.55</td> <td>0.38</td> <td>0.29</td> <td>0.24</td> <td>0.20</td> </tr> <tr> <td><math>\geq 1220</math></td> <td>1.00</td> <td>0.52</td> <td>0.36</td> <td>0.27</td> <td>0.22</td> <td>0.18</td> </tr> </tbody> </table>	Volume Oposto $V_o$	Prop. de convergência à esquerda, $P_{CE}$						0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	0	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.86	200	1.00	0.95	0.90	0.86	0.82	0.78	400	1.00	0.92	0.85	0.80	0.75	0.70	600	1.00	0.88	0.79	0.72	0.66	0.61	800	1.00	0.83	0.71	0.62	0.55	0.49	1000	1.00	0.74	0.58	0.48	0.41	0.36	1200	1.00	0.55	0.38	0.29	0.24	0.20	$\geq 1220$	1.00	0.52	0.36	0.27	0.22	0.18
		Volume Oposto $V_o$		Prop. de convergência à esquerda, $P_{CE}$																																																																			
0.00	0.20		0.40	0.60	0.80	1.00																																																																	
0	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.86																																																																	
200	1.00	0.95	0.90	0.86	0.82	0.78																																																																	
400	1.00	0.92	0.85	0.80	0.75	0.70																																																																	
600	1.00	0.88	0.79	0.72	0.66	0.61																																																																	
800	1.00	0.83	0.71	0.62	0.55	0.49																																																																	
1000	1.00	0.74	0.58	0.48	0.41	0.36																																																																	
1200	1.00	0.55	0.38	0.29	0.24	0.20																																																																	
$\geq 1220$	1.00	0.52	0.36	0.27	0.22	0.18																																																																	
7	Aproximação de faixa única.	Procedimento especial - Ver formulário da fig. 4																																																																					
8	Faixa CE dupla exclusiva com faseamento protegido.	0,92																																																																					

a. CE = convergência à esquerda.

b. = este valor é uma estimativa inicial. As soluções são iterativas para este caso.

Fonte: Tabela 9-12, cap. 9 do HCM-85.

*Fatores de Ajustamento:* o uso de fatores de ajustamento visa levar em conta o impacto de uma ou mais condições prevaletentes que são diferentes da condição "ideal", para a qual se adota uma taxa de fluxo de saturação igual a 1800 cpph de verde por faixa.

1. *Fator de ajustamento devido a largura da faixa:* leva em consideração o impacto nocivo de faixas estreitas na taxa de fluxo de saturação, e permite o aumento do fluxo das faixas mais largas. Esse fator é anotado na coluna 5 do formulário da figura 3.24.

2. *Fator de ajustamento devido a presença de veículos pesados:* leva em consideração o fato de que os carros-passeio são afetados por veículos pesados, assumindo que os mesmos ocupam um espaço adicional, além das capacidades de operação serem diferentes entre ambos. Esse fator é anotado na coluna 6 do formulário.

3. *Fator de ajustamento devido ao greide da aproximação:* considera o efeito do greide na operação dos veículos em uma aproximação. Esse fator é anotado na coluna 7 do formulário do módulo.

4. *Fator de ajustamento devido a estacionamento:* considerar o efeito de atrito de uma faixa de estacionamento no fluxo das faixas adjacentes, por veículos que se movem dentro e fora do espaço de estacionamento. Esse fator é anotado na coluna 8 do formulário.

5. *Fator de ajustamento devido a bloqueio por ônibus:* considera o impacto do trânsito de ônibus locais que param

para carregar e descarregar passageiros em paradas muito próximas ou pouco distantes da interseção. Onde o trânsito de ônibus local for considerado como o principal fator de desempenho da interseção, este trabalho apresenta um procedimento especial no Apêndice V para quantificar por um método mais preciso este efeito.

6. *Fator de ajustamento devido ao tipo de área:* leva em consideração a ineficiência relativa de interseções localizadas em áreas comerciais ou CBD, como também são chamadas, em comparação a outras áreas. Isto é devido, principalmente a complexidade e congestionamento geral do ambiente de áreas comerciais. Esse fator deve ser anotado na coluna 10 do formulário.

7. *Fatores de convergência:* dependem de um número de parâmetros. A característica mais importante é a maneira como essas convergências são acomodadas na interseção. As convergências podem operar dentro e fora de faixas exclusivas ou divididas, com faseamento tolerado ou protegido, ou com alguma combinação dessas condições. O impacto das convergências nas taxas de fluxo de saturação depende muito do modo de operação dessas convergências.

7.1. *Fator de ajustamento devido a convergências à direita:* depende de um número de variáveis, incluindo:

1. se as convergências são feitas de faixas exclusivas ou divididas;
2. o tipo de faseamento (tolerado, protegido ou tolerado mais



- protegido); um faseamento de convergência à direita protegido não terá conflito com pedestres;
3. o volume de pedestres usando a sua faixa de travessia;
  4. a proporção de convergência à direita usando a faixa dividida (extraída da coluna 11 do formulário do módulo de ajustamento de volume da figura 3.22); e
  5. a proporção de convergência usando a porção protegida quando for o caso de um faseamento protegido mais tolerado. Isso é observado em campo, sendo feito basicamente através de julgamento, mas, podendo ser grosseiramente estimado através da consideração de que a proporção de convergência usando a fase protegida é aproximadamente igual a proporção de fase de convergência a qual é protegida. Onde as convergências à direita são toleradas durante a fase de vermelho, o volume de convergências à direita pode ser reduzido do volume de convergências à direita que são feitas durante a fase de vermelho. Isto é feito nos volumes horários, antes de serem convertidos em taxas de fluxo.

*7.2. Fator de ajustamento devido a convergências à esquerda: é baseado em variáveis similares:*

1. se as convergências são feitas em faixas divididas ou exclusivas;
2. o tipo de faseamento (protegido, tolerado ou protegido mais tolerado);
3. a proporção de veículos que convergem à esquerda numa faixa dividida (extraída da coluna 11 do formulário do módulo de ajustamento de volume na figura 3.22); e
4. taxa de fluxo oposto quando o faseamento é tolerado. Nes

se caso, existe um procedimento especial para se obter o fator de convergência à esquerda, que serve também para o cálculo do fator de ajustamento de convergência à esquerda para aproximação de faixa única.

Um formulário é apresentado na figura 3.25 para calcular o fator de ajustamento de convergência à esquerda no caso de faseamento tolerado ou de uma aproximação com faixa única.

Na parte superior do formulário encontram-se as variáveis de entrada, que serão usadas posteriormente em equações complexas, que aproximarão o efeito de fluxos de equilíbrio que resultam da interação de convergências à esquerda, movimentos diretos e fluxos opostos. As variáveis de entrada são as seguintes:

- C = comprimento do ciclo, em segundos;
- g = tempo de verde efetivo, em segundos;
- N = o número de faixas da aproximação, ou grupo de faixas;
- $v_a$  = taxa de fluxo total da aproximação, em vph;
- $v_p$  = taxa de fluxo da linha principal da aproximação; é a taxa de fluxo total da aproximação ( $v_a$ ) menos as convergências à esquerda de uma faixa exclusiva, ou de uma aproximação com faixa única, em vph; o valor máximo de  $v_p$  é 1399, pois segundo a equação 3.7 do módulo 2 não seria possível  $v_p > 1399$ , em vph;
- $v_{CE}$  = taxa de fluxo de convergência à esquerda, em vph;
- $P_{CE}$  = proporção de convergências à esquerda no fluxo do grupo de faixas;

Figura 3.25 - Formulário suplementar para o fator de ajustamento de convergência à esquerda,  $f_{CE}$

Dados de Entrada	Leste	Oeste	Norte	Sul
Comprimento do ciclo, C, (seg)				
Tempo de verde efetivo, g, (seg)				
Número de faixas, N,				
Taxa de fluxo total da aproximação, $v_a$ (vph)				
Taxa de fluxo da linha principal, $v_p$ (vph)				
Taxa de fluxo de conv. à esquerda, $V_{CE}$ (vph)				
Proporção de conv. à esquerda $P_{CE}$				
Faixas opostas, $N_o$				
Taxa de fluxo oposto, $V_o$ (vph)				
Prop. de conv. esq. no vol. oposto, $P_{CEO}$				
Cálculos	Leste	Oeste	Norte	Sul
$S_{op} = \frac{1800 N_o}{1 + P_{CEO} \left[ \frac{400 + \frac{V_p}{p}}{1400 - V_p} \right]}$				
$Y_o = V_o / S_{op}$				
$g_u = (g - C Y_o) / (1 - Y_o)$				
$f_E = (875 - 0,625 V_o) / 1000$				
$P_E = P_{CE} \times \left[ 1 + \frac{(N-1)g}{f_E g_u^{4,5}} \right]$				
$g_q = g - g_u$				
$P_T = 1 - P_E$				
$g_f = 2 \frac{P_T}{P_E} [1 - P_T^{0,5} g_q]$				
$E_C = 1800 / (1400 - V_o)$				
$f_m = \frac{g_f}{g} + \frac{g_u}{g} \frac{1}{[1 + P_E (E_C - 1)]} + \frac{2}{g} (1 + P_E)$				
$f_{CE} = (f_m + (N - 1) / N)$				

Fonte: fig. 9-9, cap. 9 do HCM-85.

$N_o$  = nº de faixas opostas do fluxo da linha principal da aproximação ou grupo de faixas;  
 $V_o$  = taxa de fluxo oposto, descontando as convergências à esquerda de uma faixa exclusiva ou de uma aproximação de faixa única; o valor máximo de  $V_o$  é 1399, pois segundo a equação 3.7 do módulo 2 não seria possível convergências à esquerda com  $V_o > 1399$ , em vph;

$P_{CEO}$  = proporção de convergências à esquerda no fluxo oposto.

Com essas variáveis, na segunda parte do formulário serão calculados os seguintes valores:

$S_{op}$  = taxa de fluxo de saturação da aproximação oposta, em vph; por tempo de verde;

$Y_o$  = taxa de fluxo da aproximação oposta, em vph;

$g_u$  = porção de verde não bloqueada pela liberação de uma fila oposta, em segundos;

$f_E$  = fator de saturação de convergência à esquerda;

$P_E$  = proporção de convergências à esquerda num meio dividido ou de faixa de convergência à esquerda;

$g_q$  = porção da fase de verde bloqueada para convergências à esquerda pela liberação de uma fila de veículos oposta, em segundos;

$P_T$  = proporção de veículos com movimento direto num meio dividido ou de faixa de convergência à esquerda;

$g_f$  = porção inicial de verde, durante a qual os movimentos diretos podem mover-se na faixa dividida com convergências, até que a primeira convergência precise ser feita, assim que a fila oposta libere a in

terseção, tempo este em que o veículo que vai convergir terá que esperar bloqueando a faixa para a porção restante de  $g_q$ , em segundos;

$E_o$  = equivalência de veículos de convergências à esquerda opostas;

$f_m$  = o fator de convergência à esquerda de uma faixa única ou exclusiva; e

$f_{CE}$  = o fator de convergência à esquerda para faixa dividida de aproximações com faixas múltiplas.

O fator de ajustamento de convergência à esquerda reflete três fluxos componentes durante uma dada fase de verde:

1. o fluxo direto em uma faixa dividida no começo da fase de verde até que o primeiro veículo de convergência à esquerda apareça, bloqueando a faixa até que a fila oposta libere a interseção;
2. o fluxo da faixa dividida ou exclusiva durante o período não saturado do fluxo oposto; e
3. as convergências à esquerda feitas no fim da fase de verde por veículos que já estavam esperando na interseção por uma brecha adequada no fluxo oposto.

Na parte inferior do formulário da figura 3.25 segue o cálculo do fator de ajustamento de convergência à esquerda. Com a seguinte sequência de equações:

1. a taxa de fluxo de saturação para o fluxo oposto é dada por:

$$S_{op} = \frac{1800 \times N\delta}{1 + P_{CEO}(400 + v_p)/(1400 - v_p)} \quad (3.15)$$

2. a taxa de fluxo do fluxo oposto é dada por:

$$Y_o = v_o/S_{op} \quad (3.16)$$

3. a porção da fase de verde que não é bloqueada pela fila oposta, é dada por:

$$g_u = \frac{(g - CY_o)}{1 - Y_o} \quad (3.17)$$

Note que:

$g_u = 0$  se  $Y_o \geq g/C$ . Para haver capacidade de convergência à esquerda:  $g_u > 0$  e  $g/C > Y_o$ .

A taxa de verde oposta deve exceder a taxa de fluxo oposto. Isto é bastante útil quando a semaforização é considerada como um problema de projeto.

4. o fator de saturação das convergências à esquerda é calculado em consideração ao fluxo oposto, é dado por:

$$f_E = (875 - 0.625v_o)/1000 \quad (3.18)$$

onde  $v_o$  é a taxa de fluxo oposto total. O que inclui as convergências à esquerda somente feitas em faixas divididas em aproximações com faixas múltiplas durante uma fase tolerada. Não são incluídas as convergências à esquerda quando feitas

de aproximação de faixa única ou faixas exclusivas de convergência à esquerda.

5. quando a convergência à esquerda é feita de faixa dividida, a proporção de fluxo de convergência à esquerda é calculada, por:

$$P_E = P_{CE} [1 + (N-1)g/(f_E g_u + 4,5)] \quad (3.19)$$

quando a convergência à esquerda é feita de faixa exclusiva  $P_E = 1.00$ , porque 100% do tráfego converge.

6. a porção da fase de verde bloqueada para convergências à esquerda por causa da liberação de uma fila oposta de veículos, é dada por:

$$g_q = g - g_u \quad (3.20)$$

7. a proporção de veículos diretos num meio dividido ou de faixa de convergência à esquerda, é dado por:

$$P_T = 1 - P_E \quad (3.21)$$

8. a duração da fase de verde durante a qual os veículos diretos movem-se até um veículo de convergência aparecer, é dado por:

$$g_f = 2 \cdot \frac{P_T}{P_E} [1 - P_T^{0,5} g_q] \quad (3.22)$$

se uma faixa de convergência à esquerda separada é analisada,  $P_T = 0$  e  $g_f = 0$ .

9. na porção da fase quando o fluxo não está saturado,  $g_u$ , os veículos diretos equivalentes aproximados de convergências à esquerda opostas, é dado por:

$$E_C = 1800/1400 - v_o \quad (3.23)$$

10. o fator de convergência à esquerda de uma faixa única ou exclusiva, é dado por:

$$f_m = \frac{g_f}{g} + \frac{g_u}{g} \left[ \frac{1}{1 + P_E(E_C - 1)} \right] + \frac{2}{g}(1 + P_E) \quad (3.24)$$

sendo  $f_m < 1.00$ . Note que esse fator somente se aplica a uma aproximação com faixa única com convergência à esquerda. Assim,  $f_{CE} = f_m$ .

Para aproximações com faixas múltiplas:

$$f_{CE} = (f_m + N - 1)/N \quad (3.25)$$

onde:

$f_{CE}$  é o fator de convergência à esquerda para faixa dividida de aproximações com faixas múltiplas.

O que se verifica, é que o cálculo do fator de ajustamento de convergência à esquerda requer parâmetros de faseamento do semáforo, especificamente o comprimento do ciclo e o tempo de verde do semáforo. Onde esses parâmetros não estiverem disponíveis, um ciclo entre 60 e 90 segundos pode



ser estimado, com tempos de verde proporcionais aos fluxos médios por faixa durante cada fase. Este processo pode ser iterativo até um faseamento mais definitivo ser estabelecido.

Os fatores de convergências, basicamente, consideram o fato de que esses movimentos não podem ser feitos nas mesmas taxas de fluxo de saturação como os movimentos diretos. Eles consomem mais do que o tempo de verde disponível, e conseqüentemente, mais da capacidade disponível da interseção.

Esses fatores são dados nas tabelas 3.10 e 3.11, e anotados nas colunas 11 e 12 do formulário da figura 3.24.

De posse de todos os fatores, a taxa de fluxo de saturação "ideal" é ajustada para as condições prevalecentes, anotando a taxa de fluxo de saturação ajustada na última coluna do formulário da figura 3.24.

4. *Módulo da Análise de Capacidade*: neste momento da análise, os resultados dos cálculos dos módulos anteriores são manipulados para calcular as variáveis "chaves" de capacidade, que são:

1. taxa de fluxo para cada grupo de faixas ( $v/s$ );
2. capacidade de cada grupo de faixas ( $c$ );
3. taxa de utilização da capacidade pelo volume existente ( $v/c$ ), onde  $v$  é a taxa de fluxo de demanda.
4. as taxas  $v/c$  críticas para a interseção como um todo.

Um formulário para este módulo é apresentado na figura 3.26. Na coluna 2, é mais uma vez, anotada as descri

Figura 3.26 - Formulário de análise de capacidade.

GRUPO DE FAIXA		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(1) Aprox.	(2) Movimento dos grupos de faixas	Taxa de Fluxo Ajustada, v, (vph)	Taxa de Fluxo de Saturação Ajustada, s (vphv)	Taxa de Fluxo, v/s (3) ÷ (4)	Taxa de verde g/c	Capacidade do grupo de faixas $\bar{c}$ . (4) $\frac{(vph)}{x}$ (6)	Taxa v/c (3) ÷ (7)	Grupo de faixas críticas
L E S T E								
O E S T E								
N O R T E								
S U L								

Comprimento do ciclo, C \_\_\_\_\_ seg.  
 Tempo perdido do ciclo, L \_\_\_\_\_ seg.

$$\sum_i (v/s)_i = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$X_c = \frac{\sum_i (v/s)_i \times C}{C - L} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Fonte: fig. 9-10, cap. 9 do HCM-85.

ções dos grupos de faixas, sendo retirados do formulário do módulo da taxa de fluxo de saturação (figura 3.24) os movimentos e faixas incluídos em cada grupo de faixas. Neste formulário (figura 3.26), entretanto, são grupos de faixas que envolvem convergências à esquerda com faseamento protegido mais tolerado são divididos usando-se linhas separadas para mostrar as porções protegida e tolerada da fase. Isto permite que o caso seja iterativamente examinado, o que inicialmente é considerado, é que o volume inteiro de convergência à esquerda ocorra durante a porção protegida da fase.

As taxas de fluxo são calculadas ao dividir-se o fluxo de demanda ajustado, "v", calculado no módulo de ajustamento de volume (módulo 2), pela taxa de fluxo de saturação ajustada, "s", calculada no módulo da taxa de fluxo de saturação (módulo 3). Os fluxos de demanda ajustados, "v", são anotados na coluna 3 do formulário da figura 3.25. e as taxas de fluxo de saturação ajustadas, "s", são anotadas na coluna 4 do formulário. Sendo que, o resultado da divisão dos dois, ou seja, "(v/s)", para cada grupo de faixas é anotado na coluna 5.

Neste ponto, os grupos de faixas críticos podem ser identificados. "Um grupo de faixas crítico é definido como sendo o grupo de faixas com a maior taxa de fluxo, "(v/s)", em cada fase ou conjunto de fases".

Onde não houver uma sobreposição de fases, a determinação dos grupos de faixas críticos é direta, de acordo com a definição de grupo de faixas crítico citada acima.

Quando há sobreposição de fases (faseamentos concor-

rentes), com vários grupos de faixas podendo se mover em várias fases do semáforo, todas as combinações de grupos de faixas críticos devem ser examinadas para que se obtenha uma combinação que produza a maior soma de taxas de fluxo.

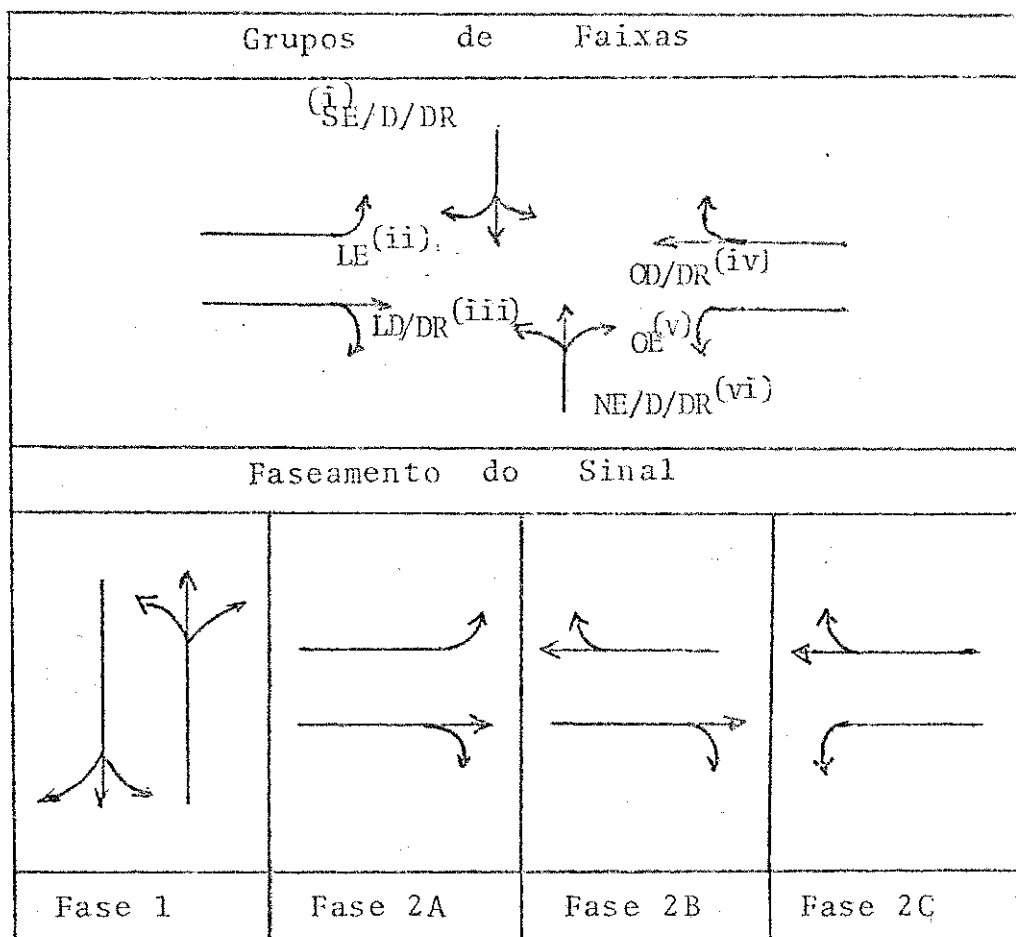
Os seguintes critérios podem ser usados na determinação dos grupos de faixas críticos:

1. Quando as fases não se sobrepõem:
  - a. haverá um grupo de faixas crítico para cada fase do semáforo.
  - b. o grupo de faixas crítico será aquele com a maior taxa de fluxo, " $v/s$ ", daqueles que se movem naquela fase.
  - c. onde o faseamento é estimado ou considerado, os grupos de faixas críticos serão usados para determinar o faseamento.
2. Quando as fases se sobrepõem:
  - a. baseado no plano de fase, as combinações dos grupos de faixas que podem consumir a maior quantidade de capacidade disponível devem ser identificadas. Estes serão os grupos de faixas que controlarão o faseamento do semáforo se ele for estimado. Este princípio pode ser melhor ilustrado pelo exemplo apresentado na figura 3.27.

Considere o caso de um plano de faseamento de verde retardando e liberando em uma artéria com faixas de convergências exclusivas.

Durante a fase 1, somente dois grupos de faixas se

Figura 3.27 - Exemplo ilustrativo da determinação dos grupos de faixas críticas.



- i ) Movimento no sentido Sul de conv. à esquerda e à direita e direto.
- ii ) Movimento no sentido Leste de conv. à esquerda.
- iii) Movimento no sentido Leste de conv. à direita e direto.
- iv ) Movimento no sentido Oeste de conv. à direita e direto.
- v ) Movimento no sentido Oeste de conv. à esquerda.
- vi ) Movimento no sentido Norte de conv. à esquerda e à direita e direto.

Fonte: Fig.9-4, cap. 9 - HCM-85.

movem, do Norte (convergências e diretos) e no Sul (convergências e diretos). Eles não se moverão em outras fases, não havendo assim, uma sobreposição de fases, sendo a seleção do grupo de faixas crítico direta de acordo com o item 1 (quando as fases não se sobrepõem). Para esta fase o grupo de faixas crítico será:

Norte CD/D/CE                      ou                      Sul CD/D/CE

onde

CD são convergências à direita, CE são convergências à esquerda e D movimento direto.

A segunda fase inclui sobreposições: o grupo de faixas Leste D/CD move-se durante as fases 2A e 2B, o grupo de faixas Oeste D/CD move-se durante as fases 2B e 2C, o grupo de faixas Leste CE move-se durante a fase 2A, e o grupo de faixas Oeste CE move-se durante a fase 2C. Assim, o grupo de faixas Leste D/CD poderia ser crítico para a soma das fases 2A e 2B, com o grupo de faixas Oeste CE sendo crítico para a fase 2C. O grupo de faixas Oeste D/CD poderia ser crítico para a soma das fases 2B e 2C, com o grupo de faixas Leste CE sendo crítico para a fase 2A. Desta maneira, duas combinações potenciais de grupos de faixas poderiam ser críticas para a fase 2 completa:

Leste D/CD + Oeste CE ou Oeste D/CD + Leste CE

Ao determinar a soma das taxas de fluxo críticas para a interseção, surgem quatro possibilidades:

Norte CE/D/CD + Leste D/CD + Oeste CE

Sul CE/D/CD + Leste D/CD + Oeste CE

Norte CE/D/CD + Oeste D/CD + Leste CE

Sul CE/D/CD + Oeste D/CD + Leste CE

A maior soma será usada para identificar os grupos de faixas críticos da interseção.

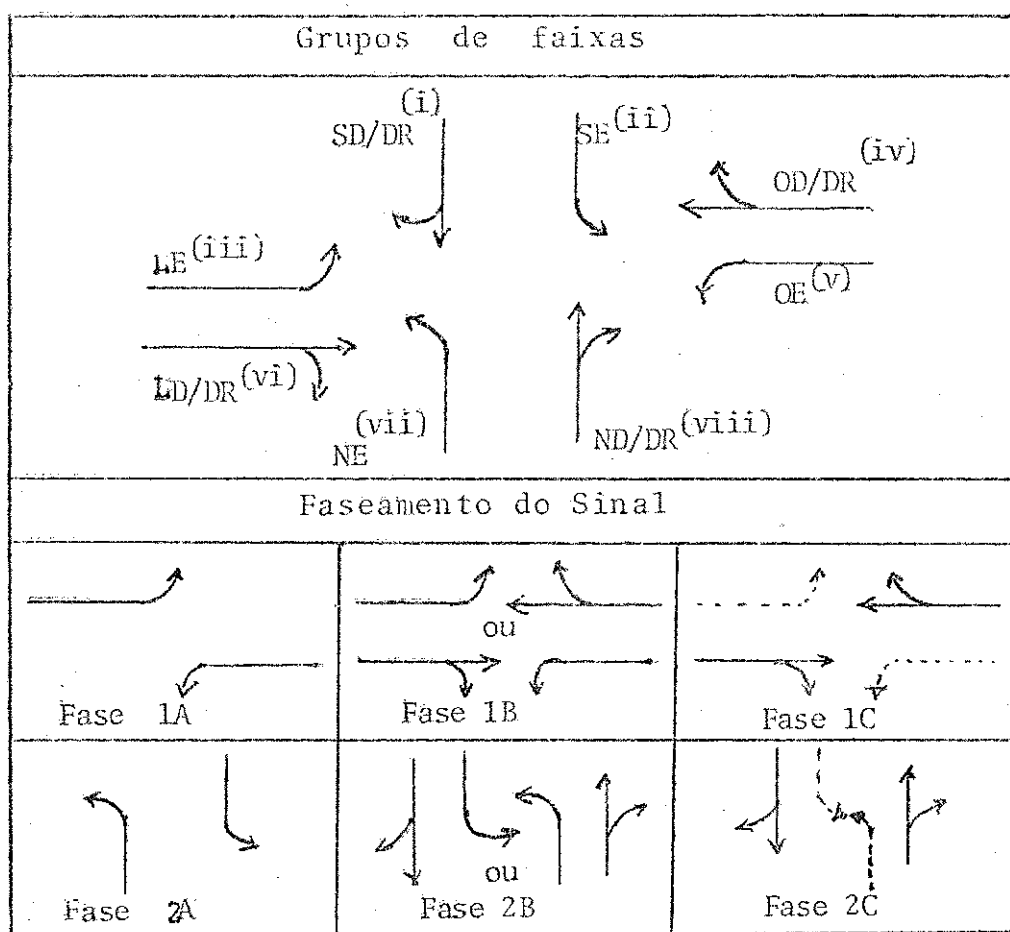
Um segundo exemplo ilustrativo é dado na figura 3.28. Neste segundo exemplo ambas artérias tem um faseamento similar. As convergências à esquerda recebem uma fase exclusiva a qual é dada a liderança da fase ao fluxo da aproximação que possuir maior fluxo de convergência à esquerda. Durante quase todas as porções de fase, as convergências à esquerda são protegidas, sendo que a porção final de cada fase é dedicada aos movimentos diretos e de convergência à direita, com as convergências à esquerda sendo feitas com uma base tolerada.

Para as aproximações Leste e Oeste, a soma das fases 1A e 1B poderiam ser controladas pelos grupos de faixas Leste CE ou Oeste CE, o que fosse mais carregado. Se o grupo de faixas Leste CE controlar as fases 1A e 1B, o grupo de faixas Oeste D/CD controlará a fase 1C. Se o grupo de faixas Oeste CE controlar as fases 1A e 1B, o grupo de faixas Leste D/CD controlará a fase 1C. Assim, as combinações potenciais de movimentos críticos seriam:

Leste D/CD + Oeste CE ou Oeste D/CD + Leste CE

Já que as aproximações Norte e Sul possuem um faseamento similar, os resultados são similares para as combinações possíveis de fluxos críticos:

Figura 3.28 - Exemplo ilustrativo II de determinação de grupos de faixa críticos.



- i ) Movimento no sentido Sul de conv. à direita e direto.  
 ii ) Movimento no sentido Sul de conv. à esquerda  
 iii) Movimento no sentido Leste de conv. à esquerda.  
 iv ) Movimento no sentido Oeste de conv. à direita e direto.  
 v ) Movimento no sentido Oeste de conv. à esquerda.  
 vi ) Movimento no sentido Leste de conv. à direita e direto.  
 vii) Movimento no sentido Norte de conv. à esquerda.  
 viii) Movimento no sentido Norte de conv. à direita e direto.

Fonte: Fig.9-5, cap.9 - HCM-85.



Norte D/CD + Sul CE    ou    Sul D/CD + Norte CE

Os movimentos críticos para a interseção como um todo podem ser quaisquer um dos seguintes:

Leste D/CD + Oeste CE + Norte D/CD + Sul CE

Leste D/CD + Oeste CE + Sul D/CD + Norte CE

Oeste D/CD + Leste CE + Norte D/CD + Sul CE

Oeste D/CD + Leste CE + Sul D/CD + Norte CE

b. ao examinar os planos de fase para as combinações de grupo de faixas críticos potenciais, nenhuma porção de fase ou fase pode ter mais do que um grupo de faixas crítico. "Assim, se um grupo de faixas é crítico para a soma das fases x e y, nenhuma fase x e y pode ter outro grupo de faixas o qual é crítico para a fase individual, ou para qualquer combinação contendo as fases x ou y".

c. quando o faseamento do sinal é estimado, os grupos de faixas críticos são usados para determinar este faseamento, pois serão eles que irão liderar as fases, logo todo o processo de semaforização é baseado na acomodação destes grupos de faixas críticos.

De posse dos grupos de faixas críticos e de suas taxas de fluxo, as mesmas são somadas e anotada a sua soma na parte inferior do formulário da figura 3.26.

Após a identificação dos grupos de faixas críticos, as taxas g/C para cada grupo de faixas são calculadas e anotadas na coluna 6 do formulário. Lembrando que g/C é a taxa de verde efetivo dividido pelo comprimento do ciclo, ou se

ja, a disponibilidade percentual de tempo de verde efetivo disponível para aquela aproximação em relação ao comprimento total do ciclo. Os tempos de verde real e comprimentos de ciclo são obtidos no formulário do módulo dos dados de entrada (figura 3.21). Onde os intervalos de troca são considerados entre 3 e 5 segundos, o tempo de verde efetivo pode ser considerado como igual ao tempo de verde real. Onde os intervalos de troca forem maiores, o tempo de verde efetivo deve ser considerados como igual ao tempo de verde real mais o intervalo de troca menos o tempo perdido na largada (headway inicial) e o tempo perdido na liberação por fase. Estes tempos perdidos (tempo perdido na largada + tempo perdido na liberação por fase) são geralmente considerados entre um intervalo de 3 a 5 segundos por fase.

Para aqueles casos nos quais o faseamento do sinal não está disponível, as informações até agora fornecidas tornam possíveis as estimativas de faseamento, através dos critérios do Apêndice II deste trabalho a estimativa do faseamento e os valores de g/C podem ser encontrados.

Na coluna 7 do formulário da figura 3.26 são anotadas as capacidades de cada grupo de faixas, que é resultado do produto da taxa de fluxo de saturação ajustada pela taxa de verde efetivo disponível, como segue:

$$c_i = s_i \cdot (g/C)_i \quad (3.26)$$

onde:

$c_i$  é a capacidade do grupo de faixas  $i$ ;

$s_i$  é a taxa de fluxo de saturação ajustada no grupo de

faixas  $i$ ; e

$(g/C)_i$  é a taxa de verde disponível para o grupo de faixas.

As taxas  $v/c$  para cada grupo de faixas podem então ser calculadas diretamente pela equação:

$$X_i = v_i / c_i \quad (3.27)$$

onde:

$X_i$  é a taxa  $v/c$  para o grupo de faixas  $i$ ; e

$v_i$  é a taxa de fluxo ajustada para o grupo de faixas  $i$ .

observe-se que estes resultados são colocados na coluna 8.

O parâmetro da capacidade final da interseção é a taxa  $v/c$ , ou seja,  $X_c$ , crítica para a interseção, que é calculada de acordo com a equação:

$$X_c = \sum_i (v/s)_i \cdot [C/(C-L)] \quad (3.28)$$

onde:

$X_c$  é a taxa  $v/c$  crítica da interseção;

$\sum_i (v/s)_i$  é a soma das taxas de fluxo dos grupos de faixas críticos da interseção;

$C$  é o comprimento do ciclo, em segundos; e

$L$  é o tempo perdido nas fases, ou por ciclo, em segundos.

O tempo perdido por ciclo deve ser consistente com o considerado nos tempos de verde efetivo. Lembrando que, o tempo perdido por ciclo é o comprimento do ciclo menos a soma dos somas dos verdes efetivos que não se sobrepõem em outras fases.

Neste módulo, como já mencionado anteriormente, os grupos de faixas de convergência à esquerda com faseamento protegido mais tolerado são separados, com todos os fluxos assumidos como se ocorressem no faseamento protegido. Esta consideração pode resultar numa taxa crítica v/c ou taxas v/c da fase protegida bastante alta. Melhor do que considerar maiores trocas no sinal ou no projeto geométrico, nessa ocasião, é aconselhável atentar para a porção dos movimentos de convergência à esquerda que é feita na fase tolerada. A taxa de fluxo que pode ser atribuída a porção tolerada é a capacidade da fase tolerada, calculada como:

$$c_{CEP} = (1400 - v_o) \cdot (g/C)_{p_{CE}} \quad (3.29)$$

onde:

$c_{CEP}$  é a capacidade da fase tolerada de convergência à esquerda, em vph;

$v_o$  é a taxa de fluxo direto mais a taxa de convergência à direita, opostos em vph; e

$(g/C)_{p_{CE}}$  é a taxa de verde efetivo para uma fase tolerada de convergência à esquerda, em segundos.

Para se obter essa taxa de fluxo para a fase tolerada, pode-se deduzir uma quantidade similar da fase tolerada, sem utilizar a equação 3.29, pode-se adotar  $c_{CEP}$  como sendo igual a 2 veículos por ciclo do sinal.

Todos os cálculos devem ser agora refeitos, usando a nova taxa de fluxo. Os fluxos e taxas v/c para a fase serão alterados e a taxa crítica v/c da interseção poderá ser afe

tada. Se o faseamento fosse estimado baseado em taxas v/c, como recomenda o Apêndice II deste trabalho, as taxas g/C teriam que ser recalculadas para as capacidades de todos os grupos de faixas, e as taxas v/c seriam afetadas.

Ao completar o formulário deste módulo (figura 3.26) as características de capacidade da interseção estarão agora definidas. Estas características podem ser avaliadas por si só, como também, em conjunto com as demoras e, conseqüentemente, níveis de serviço, resultantes do próximo módulo. A avaliação dos resultados da análise de capacidade será discutida no item 3.3.2.3 da análise operacional.

5. *Módulo do Nível de Serviço*: este módulo combina os resultados dos módulos anteriores para encontrar a demora média que os veículos permanecem parados em cada grupo de faixas. O nível de serviço está diretamente relacionado com a demora, e é encontrada esta relação na tabela 3.12 logo abaixo.

Tabela 3.12 - Critérios de Nível de Serviço para Interseções Semaforizadas.

Nível de Serviço	Demora média parada por veículo (seg)		
A			$\leq$ 5
B	5.1	$\bar{a}$	15.0
C	15.1	$\bar{a}$	25.0
D	25.1	$\bar{a}$	40.0
E	40.1	$\bar{a}$	60.0
F			> 60.0

Fonte: Tabela 9-1, cap.9 do HCM-85.

O formulário deste módulo é apresentado na figura 3.29.

. Demora média considerando chegadas randômicas: a demora para cada grupo de faixa é encontrada usando a seguinte equação:

$$d = 0.38C \frac{[1 - g/C]^2}{[1 - (g/C)(X)]} + 173X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)}] \quad (3.30)$$

onde:

d é a demora média que o veículo permanece parado por grupo de faixas, em seg./veíc.;

C é o comprimento de ciclo, em segundos;

g/C é a taxa de verde para o grupo de faixas; taxa de verde efetivo no comprimento do ciclo;

X é a taxa v/c do grupo de faixas; e

c é a capacidade do grupo de faixas.

O primeiro termo da equação leva em consideração uma demora uniforme, isto é, uma demora que ocorre se a demanda de chegada do grupo de faixas em questão está uniformemente distribuída no decorrer do tempo. O segundo termo da equação leva em consideração a demora incremental devido a chegadas randômicas sobre as chegadas uniformes, e a demora adicional devido a falhas no ciclo. A equação 3.30 considera resultados razoáveis para valores de "X" entre 0.0 a 1.00. Onde ocorrer supersaturação, ou seja,  $X > 1.0$ , por um período maior que 15 minutos, torna-se difícil estimar a demora, porque a influência dessa situação pode chegar a interseções adjacentes. A equação poderá ser usada com certa cau-

Figura 3.29 - Formulário do nível de serviço.

GRUPO DE FAIXA		DEMORA DO 1º TERMO				DEMORA DO 2º TERMO				DEMORA TOTAL x NÍVEL SERVIÇO		
(1) Aprox.	(2) Movimento do grupo de faixas	(3) Taxa v/c (X)	(4) Taxa de verde g/c	(5) Comp. do ciclo, C (seg.)	(6) Demora d1 (seg./veic)	(7) Capacidade do grupo de faixas (vph)	(8) Demora d2 (seg./veic)	(9) Fator de progressão Pp Tab. 3.13	(10) Demora do grupo de faixas (seg./veic.) (6)x(8)x(9)	(11) Nível de Serviço do grupo de faixas (Tab. 3.12)	(12) Demora da Aproximação. (seg./veic)	(13) Nível de Serviço da Aprox. (Tab. 3.12)
L E S T E												
O R I E N T A D O												
N O R T E												
S U L												

Demora da interseção \_\_\_\_\_ seg./veic.

Nível de Serviço de Interseção \_\_\_\_\_ (Tab. 3.12)

Fonte: Fig. 9-11, cap. 9 do HCM-85.

tela para valores de X acima de 1.2, mas a demora estimada por valores altos não é recomendada. Uma supersaturação é uma condição indesejável que deve ser melhorada sempre que possível.

É muito útil e frequente os cálculos da demora uniforme e incremental separados. Isto permite ao analista ver a contribuição relativa dos ciclos individuais falhos para a demora total. Então:

$$d = d_1 + d_2 \quad (3.31)$$

onde:

$d_1$  = demora uniforme do primeiro termo, em seg./veíc.; e

$d_2$  = demora incremental do segundo termo, em seg./veíc.

Desta maneira por conveniência temos:

$$d_1 = 0.38C \frac{[1 - g/C^2]}{[1 - (g/C)(X)]} ; \quad e \quad (3.32)$$

$$d_2 = 173X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)}] \quad (3.33)$$

No formulário da figura 3.29 é designado o cálculo dos 1º termo e 2º termo de demoras separadamente. No preenchimento do 1º termo de demora, na coluna 3 é colocada a taxa  $v/c(X)$  do grupo de faixas que foi calculada no módulo da análise de capacidade (figura 3.26). Na coluna 4 é colocada a taxa  $g/C$ , seguida pelo preenchimento do comprimento do ciclo na coluna 5. De posse desses dados calcula-se a demora  $d_1$  e coloca-se na coluna 6. Para o cálculo do segundo ter



mo de demora anota-se na coluna 7 a capacidade do grupo de faixas, que é extraída do módulo da análise de capacidade (figura 3.26). Com este valor tem-se condições de calcular a demora  $d_2$  e anotá-la na coluna 8 do formulário da figura 3.29.

Para se determinar a demora do grupo de faixas soma-se as colunas 6 e 8 e multiplica-se pelo valor da coluna 9, que é o fator de progressão. O resultado será a demora do grupo de faixas, anotado na coluna 10 do formulário.

O fator de progressão ajusta a demora para o tipo de chegada dos pelotões, que na maioria das vezes não são chegadas randômicas, mas que resultam da progressão do semáforo e de outros fatores. No formulário da figura 3.21 do módulo dos dados de entrada são anotados os tipos de chegada, que podem ser 1-5.

Quando a progressão do sinal é favorável ao grupo de faixas em questão, a demora será consideravelmente menor do que seria se as chegadas fossem randômicas. Porém, se a progressão for desfavorável, a demora poderá ser consideravelmente mais alta do que seria se as chegadas fossem randômicas. A variação da demora com a qualidade da progressão diminui quando a taxa  $v/c(X)$  se aproxima de 1.0, e é maior para os semáforos de tempo fixo do que para os semáforos de tempo atual. As demoras dos movimentos de convergência à esquerda geralmente não são afetadas pela progressão: as fases de convergência à esquerda protegidas são raramente progressivas, e a demora de convergência à esquerda tolerada é mais dependente do tráfego oposto.

Sabendo-se através dos dados de entrada (figura 3.21), o tipo de chegada e o tipo do semáforo, se fixo ou atuado, e do módulo da análise da capacidade (figura 3.26), a taxa  $v/c(X)$  do grupo de faixas, determina-se o fator de ajustamento devido a progressão, através da tabela 3.13 abaixo:

Tabela 3.13 - Fator de ajustamento de progressão, FP.

Tipo de Sinal	Tipos de grupo de faixa	Taxa $v/c$ , X	Tipo de chegada <sup>a</sup>				
			1	2	3	4	5
pré-determinado ou fixo	D, CD	0.6	1.85	1.35	1.00	0.72	0.53
		0.8	1.50	1.22	1.00	0.82	0.67
		1.0	1.40	1.13	1.00	0.90	0.82
Atuado	D, CD via principal	0.6	1.54	1.08	0.85	0.62	0.40
		0.8	1.25	0.98	0.85	0.71	0.50
		1.0	1.16	0.94	0.85	0.78	0.61
Semi-atuado	D, CD <sup>b</sup> via principal	0.6	1.85	1.35	1.00	0.72	0.42
		0.8	1.50	1.22	1.00	0.82	0.53
		1.0	1.40	1.18	1.00	0.90	0.65
Semi-atuado	D, CD <sup>b</sup> via secundária	0.6	1.48	1.18	1.00	0.86	0.70
		0.8	1.20	1.07	1.00	0.98	0.89
		1.0	1.12	1.04	1.00	1.00	1.00
	Todas CE <sup>c</sup>	Todas	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

- Ver figura 3.21.
- Os sinais semi-atuados são tipicamente dimensionados para dar todo o tempo extra de verde a via principal. Este efeito deverá ser levado em consideração na alocação de tempos de verde.
- Esta categoria refere-se somente a grupos de faixas de convergência à esquerda exclusivas com faseamento protegido. Quando as convergências à esquerda são incluídas num grupo de faixa que envolvem a aproximação toda, usar o fator para um tipo de faixa como um todo. Quando convergências à esquerda carregadas são intencionalmente coordenadas, aplicar os fatores de movimento direto apropriado.

Fonte: Tabela 9-13, cap. 9 do HCM-85.

O valor do fator de ajustamento de progressão deve ser anotado na coluna 9 do formulário da figura 3.29.

A demora é uma variável complexa, que é sensível a uma variedade de condições locais e ambientais. Estes procedimentos fornecem estimativas razoáveis para demoras separadas em condições médias. Elas são muito úteis quando usadas para comparar condições operacionais para vários projetos geométricos e de semaforização. Quando for possível avaliar as condições existentes em campo, torna-se aconselhável medir a demora no local. Para isso, este trabalho fornece o Apêndice IV que contém critérios para medições de demora em interseções utilizando contagens de ocupação de faixa e volumétrica.

Após ser determinada a demora média parada por veículo para cada grupo de faixas, através da tabela 3.12, determina-se o nível de serviço do grupo de faixas e anota-se na coluna 11 do formulário da figura 3.28.

É também desejável agregar valores para se obter a demora média para a aproximação, que é calculada da seguinte forma:

$$d_a = \frac{\sum_i d_i v_i}{\sum_i v_i} \quad (3.34)$$

onde:

$d_a$  é a demora média parada para a aproximação a, em seg/veíc.;

$d_i$  é a demora média parada que experimenta cada grupo de faixas i, em seg./veíc.; e

$v_i$  é o fluxo ajustado para o grupo de faixas i, em vph.

Esta demora é anotada na coluna 12, e o nível de serviço obtido através da tabela 3.12 é anotado na coluna 13.

As demoras das aproximações podem então serem agregados para fornecer a demora média parada da interseção como um todo.

$$d_I = \frac{\sum_a d_a v_a}{\sum_a v_a} \quad (3.35)$$

onde:

$d_I$  é a demora média parada do veículo para a interseção, em seg./veíc.; e

$v_a$  é o fluxo ajustado da aproximação  $a$ , em vph.

O nível de serviço é diretamente relacionado com a demora média parada por veículo da interseção na tabela 3.12, e é anotado na parte inferior do formulário ("nível de serviço da interseção:...").

Então, como resultado deste módulo tem-se a demora média parada por veículo e o nível de serviço para cada grupo de faixas, como também, para a aproximação e para a interseção como um todo, além, dos seus respectivos níveis de serviço.

### 3.3.2.2 - Procedimento de cálculo

A finalidade básica deste item é facilitar o uso e a interpretação da análise operacional, fornecendo as instruções de cálculo detalhadas passo-a-passo.

1. *Módulo de Dados de Entrada*: os dados de entrada essenciais são as condições geométricas, de semaforização e

tráfego, que serão anotados na figura 3.21. O procedimento de cálculo do módulo dos dados de entrada é indicado no fluxograma apresentado na figura 3.30.

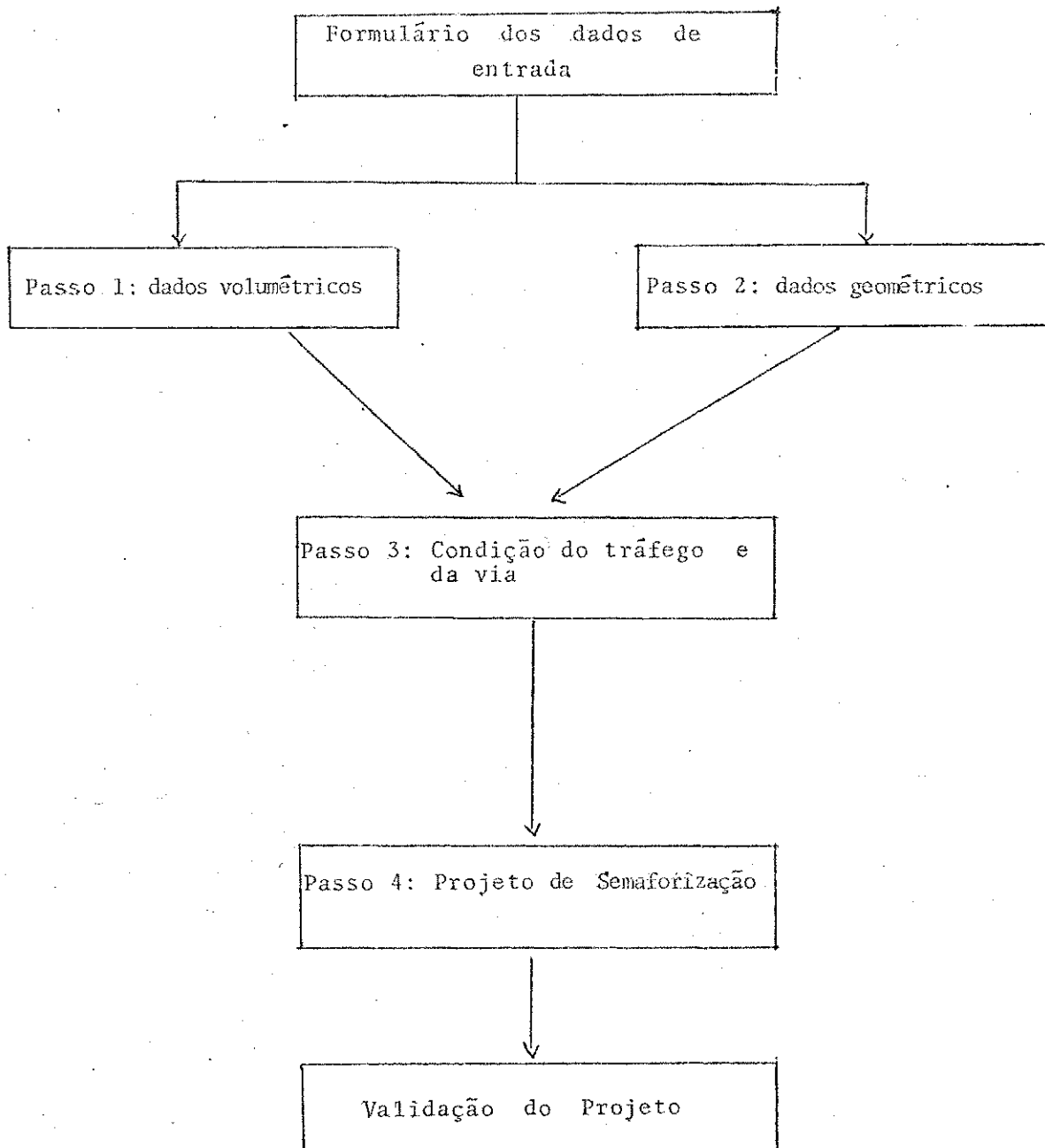
*Passo 1:* anotar os volumes horários - todos os volumes devem ser estabelecidos para cada movimento e para cada aproximação. Primeiro, anota-se os volumes dos movimentos, em seguida, somando-se esses movimentos anota-se o volume da aproximação, ambos são colocados na parte superior do formulário, mais especificamente no diagrama da interseção.

*Passo 2:* anotar os dados geométricos - os detalhes da geometria devem ser mostrados no diagrama, o que inclui:

1. número de faixas
2. largura das faixas
3. movimentos de tráfego usando cada faixa (mostrar através de setas)
4. a existência e localização de faixas de estacionamento
5. a existência e localização de bairns de armazenamento
6. a existência de linhas
7. a existência e localização das paradas de ônibus.

*Passo 3:* anotação das condições geométricas e de tráfego - estes parâmetros devem ser colocados numa tabela na porção central do formulário, sendo anotados os dados para cada aproximação:

Figura 3.30 - Fluxograma do procedimento de cálculo do módulo dos dados de entrada.



1. o percentual de greide, na coluna 1
2. o percentual de veículos pesados, na coluna 2
3. as características de estacionamento nas colunas 3 e 4. Na coluna 3 com "sim" ou "não" identifica-se a existência ou inexistência de estacionamento, e na coluna 4, caso haja estacionamento, registra-se o número de manobras realizadas dentro de uma área até 75 metros da interseção.
4. o número de paradas de ônibus locais para carregar e descarregar passageiros é anotado na coluna 5. Sendo considerados apenas os ônibus que param numa área até 75 metros da interseção. Os outros ônibus são considerados como veículos pesados.
5. o fator hora de pico da aproximação é colocado na coluna 6. Este fator já é calculado no levantamento de dados volumétricos em campo.
6. o número de pedestres por hora usando a travessia de pedestres, conflitando assim com as convergências à direita toleradas é anotado na coluna 7.
7. as colunas 8 e 9 descrevem o controle de pedestres na interseção. A coluna 8 indica com um "sim" ou "não" se há botão detector de presença de pedestres. A coluna 9 fornece o tempo de verde mínimo necessário para o pedestre atravessar a via. Usar a equação 3.5, apresentada no item 3.2.1 (módulo 1), para determinar o tempo de verde mínimo de travessia quando não houver botão detector.
8. A última coluna mostra o tipo de chegada dos pelotões

das aproximações na interseção e as características de progressão. O tipo de chegada pode ser calculado pela equação 3.4, apresentada no item 3.2.1 (módulo 1), se os dados de PVG e PTG estiverem disponíveis, caso isto não seja possível, o item 3.2.1 apresenta a tabela 3.2 (módulo 1) para que seja estimado um tipo de chegada.

*Passo 4:* anotação do projeto do ciclo do semáforo - a sequência de fases deve ser diagramaticamente mostrada na porção inferior do formulário da figura 3.21, apresentando fase ou sub-fase em cada retângulo. Identificando os movimentos tolerados com setas pontilhadas e os protegidos com setas contínuas. Logo abaixo anota-se os tempos de verde (G) e de amarelo + vermelho (Y+R) de cada fase e o comprimento do ciclo.

Todos esses dados são necessários para conduzir os cálculos subsequentes. É conveniente fazer a validação em campo do projeto objetido.

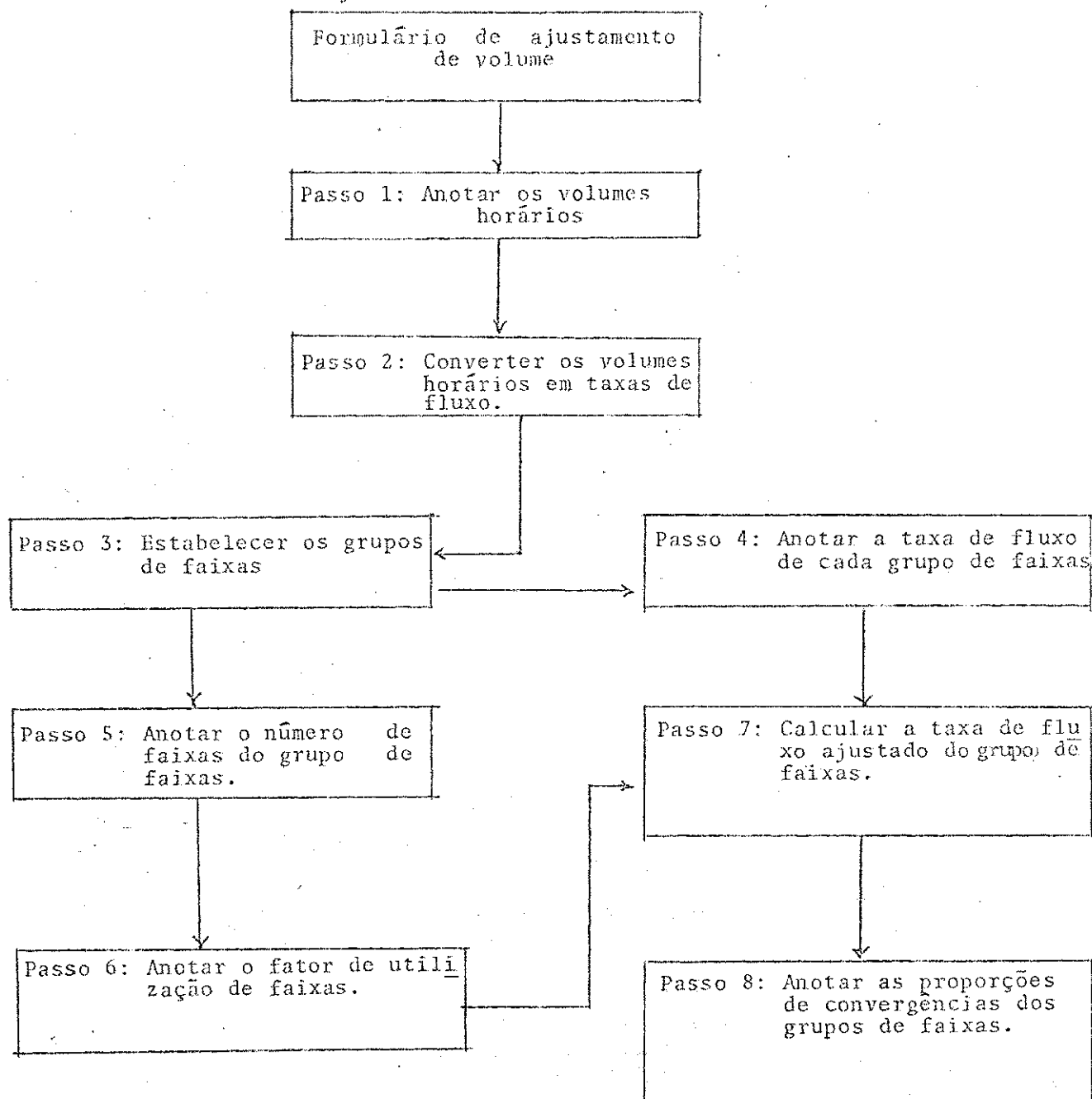
2. *Módulo de Ajustamento de Volume:* este módulo focaliza:

1. ajustar os volumes horários dos movimentos em taxas de fluxo para um período de pico de 15 minutos.
2. estabelecer os grupos de faixas para a análise.
3. ajustar os fluxos de demanda para refletir a distribuição de faixas.

O procedimento de cálculo deste módulo é indicado no fluxograma da figura 3.31.



Figura 3.31 - Fluxograma do procedimento de cálculo do módulo de ajustamento de volume.



*Passo 1:* anotar os volumes horários na coluna 3 do formulário da figura 3.22 - estes valores são retirados diretamente do diagrama da interseção que está no formulário da figura 3.21.

*Passo 2:* converter os volumes horários em taxas de fluxo de pico de 15 minutos - o fator hora de pico de cada movimento é colocado na coluna 4, e utilizando a equação 3.6, apresentada no item 3.2.1 (módulo 2), calcula-se as taxas de fluxo de pico de 15 minutos para cada movimento. O resultado é colocado na coluna 5 do formulário da figura 3.22.

*Passo 3:* estabelecer os grupos de faixas para a análise - os grupos de faixas devem ser estabelecidos baseados nos critérios apresentados no item 3.3.2.1 (módulo 2), são mostrados na coluna 6 do formulário da figura 3.22 indicando os movimentos tolerados com setas pontilhadas e os protegidos com setas contínuas.

*Passo 4:* anotar a taxa de fluxo do grupo de faixas uma vez que os grupos de faixas estejam estabelecidos, as taxas de fluxo para os movimentos incluídos em cada grupo de faixas devem ser somados e colocadas na coluna 7 do formulário, como a taxa de fluxo do grupo de faixas,  $v_g$ .

*Passo 5:* anotar o número de faixas do grupo de faixas - o número de faixas do grupo de faixas é colocado na coluna 8.

*Passo 6:* anotar o fator de utilização de faixas - o fator de utilização de faixa é encontrado na tabela 3.3 do item 3.3.2.1 (módulo 2). É baseado no número de faixas do grupo de faixas, e leva em consideração o uso de sinal de faixas disponíveis por veículos. Este fator é anotado na coluna 9.

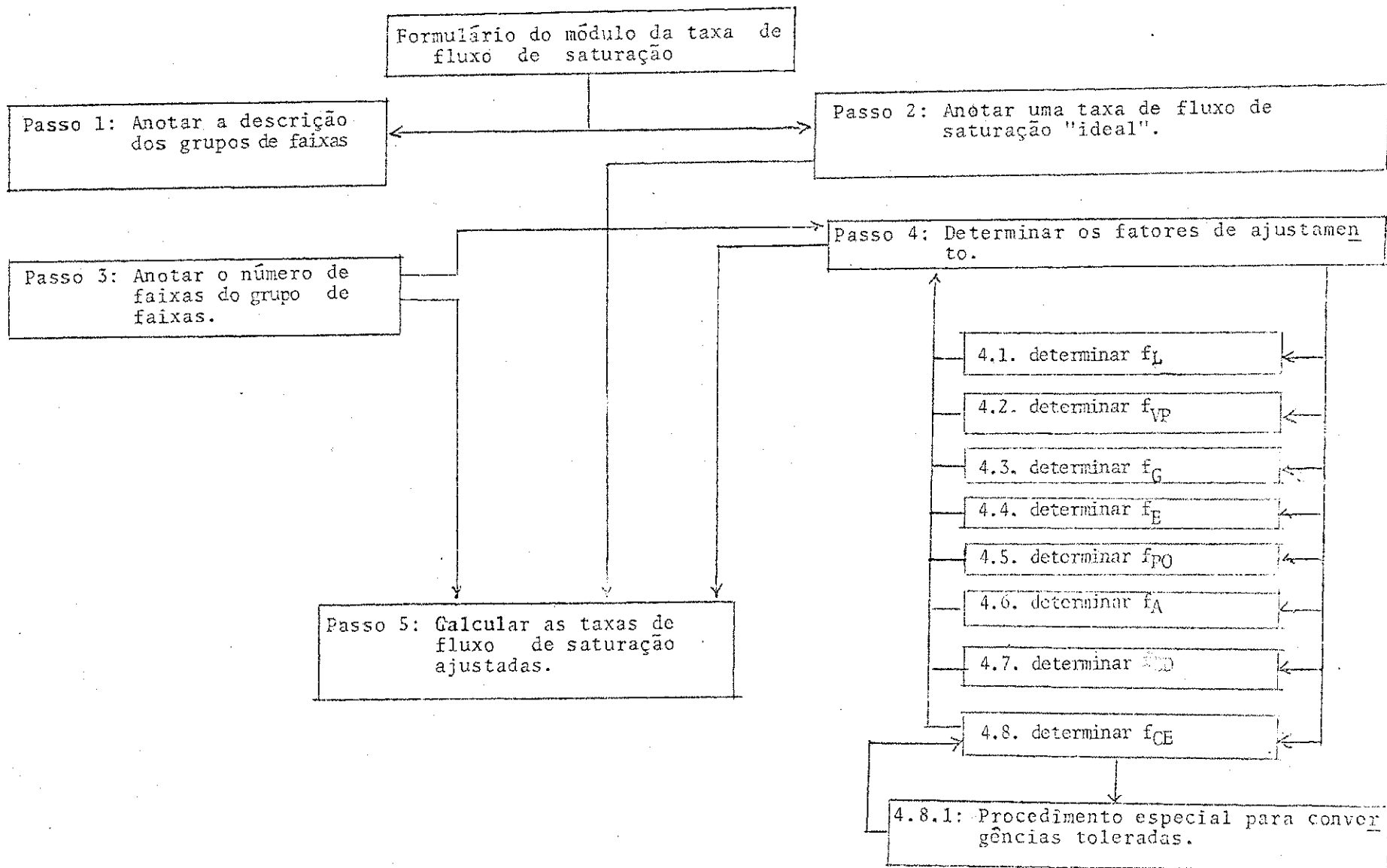
*Passo 7:* calcular a taxa de fluxo ajustada do grupo de faixas - a taxa de fluxo ajustada do grupo de faixas é determinada através da equação 3.10 do item 3.3.2.1 (módulo 2). O resultado é colocado na coluna 10 do formulário.

*Passo 8:* anotar as proporções de convergências à esquerda e à direita de cada grupo de faixas. A coluna 11 do formulário da figura 3.22 é reservada para estes valores. Estas proporções são calculadas das equações 3.11 e 3.12 do item 3.3.2.1 (módulo 2).

O módulo de ajustamento de volume resulta na preparação dos fluxos de demanda de forma aceitável para a próxima análise, fornecendo valores que serão usados nos módulos subsequentes.

3. *Módulo da Taxa de Fluxo de Saturação:* neste módulo, a taxa de saturação que pode ser acomodada pelo grupo de faixas mediante condições prevalentes é calculada. O formulário da figura 3.24 deve ser preenchido para que isto aconteça. O procedimento de cálculo deste módulo obedece o fluxograma apresentado na figura 3.32.

Figura 3.32 - Fluxograma do procedimento de cálculo do módulo da taxa de fluxo de saturação.



*Passo 1:* anotar as descrições dos grupos de faixas - a coluna 2 do formulário é usada para identificar as faixas e movimentos incluídos em cada grupo de faixas, sendo os mesmos descritos na coluna 6 do formulário da figura 3.24.

*Passo 2:* adotar uma taxa de fluxo de saturação "ideal" - a taxa de fluxo de saturação recomendada no item 3.3.2.1 (módulo 3) é de 1800 cp/h de verde por faixa. Esse valor deve ser considerado inicialmente para todos os grupos de faixa e anotado na coluna 3 do formulário da figura 3.24.

*Passo 3:* anotar o número de faixas do grupo de faixas - este valor pode ser extraído do formulário anterior (figura 3.22).

*Passo 4:* determinar os fatores de ajustamento - são oito fatores de ajustamento, que compreende o preenchimento das colunas de 5-12 do formulário da figura 3.24:

4.1. Fator de ajustamento devido a largura,  $f_L$ , obtido na tabela 3.4 do item 3.3.2.1 (módulo 3) e anotado na coluna 5 do formulário da figura 3.24.

4.2. Fator de ajustamento devido a veículos pesados,  $f_{VP}$ , obtido da tabela 3.5 do item 3.3.2.1 (módulo 3) e anotado na coluna 6 do formulário.

4.3. Fator de ajustamento devido ao greide da aproximação,  $f_G$ , obtido na tabela 3.6 do item 3.3.2.1 (módulo 3) e anotado na coluna 7 do formulário.

4.4. Fator de ajustamento devido a faixas de estaciona -

mento,  $f_E$ , obtido na tabela 3.7 do item 3.3.2.1 (módulo 3) e anotado na coluna 8 do formulário.

4.5. Fator de ajustamento devido a bloqueio de ônibus,  $f_{PO}$ , obtido na tabela 3.8 do item 3.3.2.1 (módulo 3) e anotado na coluna 9 do formulário.

4.6. Fator de ajustamento devido ao tipo de área,  $f_A$ , obtido na tabela 3.9 do item 3.3.2.1 (módulo 3) e anotado na coluna 10 do formulário.

4.7. Fator de ajustamento devido a convergência à direita,  $f_{CD}$ , obtido na tabela 3.10 do item 3.3.2.1 (módulo 3) e anotado na coluna 11 do formulário.

4.8. Fator de ajustamento devido a convergências à esquerda,  $f_{CE}$ , obtido na tabela 3.11 do item 3.3.2.1 (módulo 3) ou calculado através de um procedimento especial (figura 3.25), no caso de convergências à esquerda toleradas feitas de faixas exclusivas ou divididas e de aproximação de faixa única (ver item 3.3.2.1, módulo 3). Neste caso o passo seguinte deve ser seguido:

*Passo 4.8.1:* procedimento especial para obtenção de fatores de ajustamento de convergências à esquerda toleradas.

1. variáveis de entrada: as primeiras 10 linhas do formulário da figura 3.25, são fornecidas para que sejam resumidos os dados necessários para a estimativa do fator de ajustamento de convergência à esquerda. As colunas deste formulário são fornecidas para cada aproximação. As variáveis de entrada são obtidas dos módulos anteriores:

- a. comprimento de ciclo,  $C$ , em segundos;
- b. tempo de verde efetivo,  $g$ , em segundos;
- c. número de faixas,  $N$ , do grupo de faixas;
- d. taxa de fluxo total da aproximação,  $v_a$ , em vph;
- e. taxa de fluxo da linha principal,  $v_p$ , que será a taxa de fluxo total,  $v_a$ , menos as taxas de fluxo de convergências à esquerda quando se tratar de faixa exclusiva ou de aproximação de faixa única.
- f. taxa de fluxo de convergências à esquerda,  $v_{CE}$ , para a aproximação em questão.
- g. a proporção de convergências à esquerda do grupo de faixa,  $P_{CE}$ , sob estudo.
- h. o número de faixas opostas ao movimento de convergência à esquerda,  $N_o$ .
- i. taxa de fluxo oposto,  $v_o$ , sendo desprezadas as convergências à esquerda feitas de faixa exclusiva ou de aproximação de faixa única.
- j. proporção de convergência à esquerda no fluxo oposto,  $P_{CEO}$ . Este valor será igual a zero quando as convergências opostas forem feitas de faixas exclusivas.

2. **Cálculos:** a porção inferior do formulário contém as equações fundamentais para o cálculo de  $f_{CE}$ . Na sequência, as seguintes variáveis são determinadas - cujas equações estão apresentadas no item 3.3.2.1 (módulo 3) e no formulário da figura 3.25;

- a. taxa de fluxo de saturação do fluxo oposto,  $S_{op}$  (equação 3.15.);

- b. taxa do fluxo oposto,  $Y_o$  (equação 3.16);
- c. verde não saturado,  $g_u$  (equação 3.17);
- d. fator de saturação de convergências à esquerda,  $f_E$  (equação 3.18);
- e. proporção de convergências à esquerda em faixa dividida,  $P_E$  (equação 3.19);
- f. verde saturado,  $g_q$  (equação 3.20);
- g. proporção de veículos diretos em faixa dividida,  $P_T$  (equação 3.21);
- h. verde inicial,  $g_f$  (equação 3.22);
- i. fluxo direto equivalente de convergências à esquerda,  $E_c$  (equação 3.23);
- j. fator de convergência à esquerda por faixa,  $f_m$  (equação 3.24);
- k. fator de convergência à esquerda para o grupo de faixas,  $f_{CE}$  (equação 3.25).

Maiores detalhes sobre esses cálculos estão apresentados na metodologia (item 3.3.2.1, módulo 3).

Após completar o formulário, anotar o fator de ajustamento de convergência à esquerda na coluna 12 do formulário da figura 3.24.

*Passo 5:* cálculo das taxas de fluxo de saturação ajustadas - a taxa de fluxo de saturação ajustada para cada grupo de faixas é calculada multiplicando-se a taxa de fluxo de saturação ideal pelo número de faixas do grupo de faixas e por cada um dos oito fatores de ajustamento determinados no passo anterior. Isto é feito de acordo



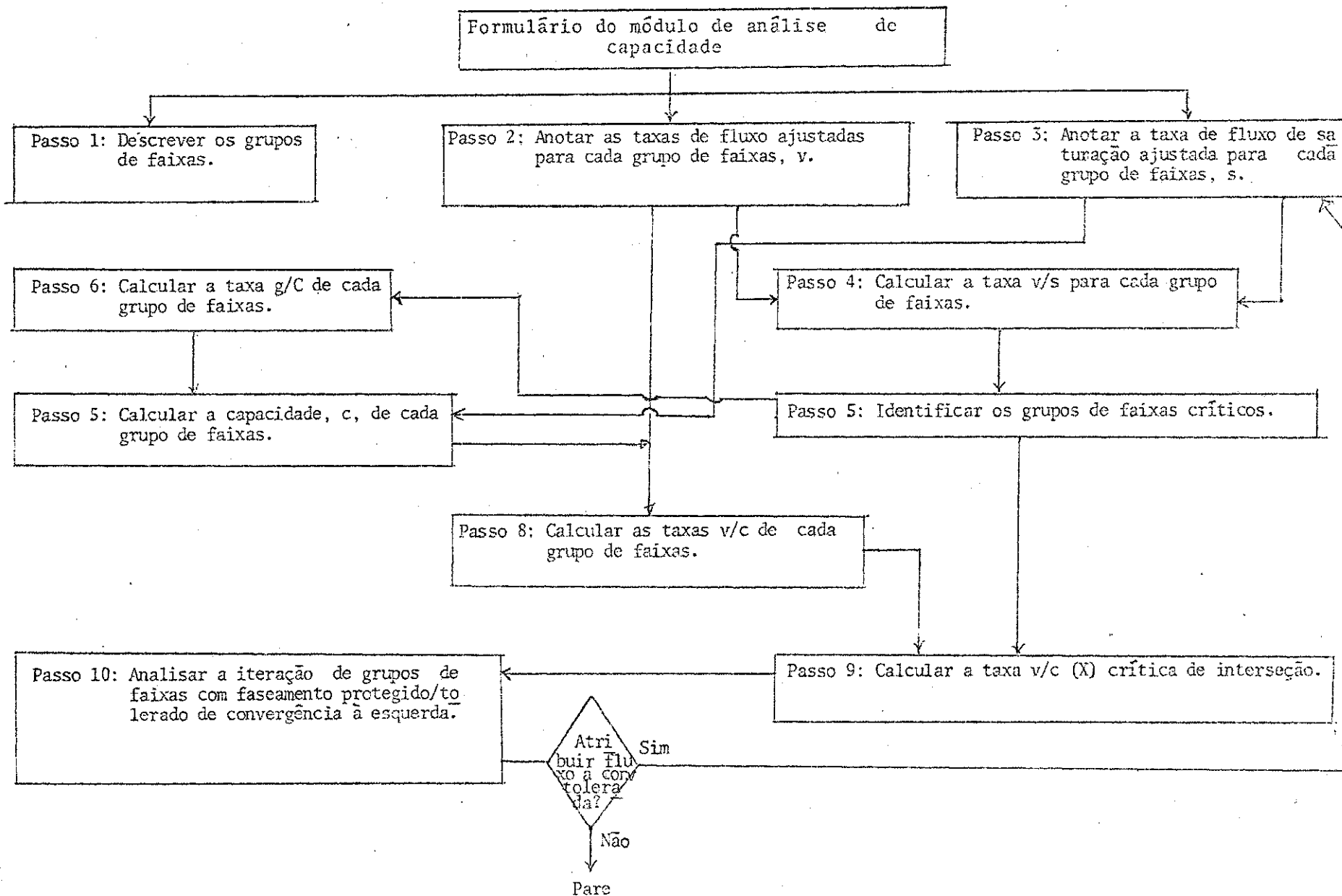
com a equação 3.15 do item 3.3.2.1 (módulo 3).

4. *Módulo de Análise da Capacidade*: este módulo combina resultados dos três módulos anteriores para calcular a capacidade de cada aproximação e as taxas de utilização de capacidade pelo volume existente ( $v/c$ ) de cada grupo de faixa e para a interseção como um todo. Os formulários para esses cálculos é fornecido na figura 3.26 do item 3.3.2.1 (módulo 4). O procedimento de cálculo obedece o fluxograma da figura 3.33.

*Passo 1*: descrever os grupos de faixas - na coluna 2 do formulário é, mais uma vez, feita a descrição dos grupos de faixas com os seus movimentos, podendo a descrição ser extraída do formulário do módulo anterior (figura 3.24). Sendo que para este formulário (figura 3.26), os grupos de faixas com faixas exclusivas envolvendo faseamento protegido mais tolerado são divididos, usando linhas separadas para mostrar a porção protegida e a porção tolerada. Isso permite a este caso ser iterativamente examinado. Inicialmente, admitindo-se que os volumes inteiros de convergência ocorram durante a porção da fase protegida.

*Passo 2*: anotar as taxas de fluxo ajustadas para cada grupo de faixas- estes valores são obtidos do formulário do módulo de ajustamento e volume (item 3.3.2.1, módulo 2, figura 3.22), sendo anotados neste formulário (figura 3.26) na coluna 3.

Tabela 3.33 - Fluxograma do procedimento de cálculo do módulo de análise de capacidade.



*Passo 3:* anotar a taxa de fluxo de saturação ajustada para cada grupo de faixas - estes valores são obtidos do formulário do módulo da taxa de fluxo de saturação (item 3.3.2.1, módulo 3, figura 3.24) e anotados no formulário deste módulo (figura 3.26) na coluna 4. Lembrando que, partindo do fato de que os volumes inteiros de convergências à esquerda exclusivas com faseamento protegido do mais tolerado ocorram na porção protegida, nenhuma taxa de fluxo é atribuída a porção da fase tolerada.

*Passo 4:* calcular a taxa de fluxo para cada grupo de faixas - a taxa de fluxo para cada grupo de faixas é calculada como sendo " $v/s$ " e anotada na coluna 5 do formulário.

*Passo 5:* identificar os grupos de faixas críticos - neste ponto, os cálculos já permitem identificar os grupos de faixas críticos de acordo com os critérios estabelecidos no item 3.3.2.1 (módulo 4). Os grupos de faixas críticos são identificados na última coluna do formulário colocando apenas um sinal de identificação.

As taxas " $v/s$ " dos grupos de faixa críticos são adicionadas e a soma é anotada na parte inferior do formulário no espaço " $\sum_{i} (v/s)$ ".

*Passo 6:* anotar a taxa de verde de cada grupo de faixas na coluna 6 do formulário, calculando-a através da razão  $g/C$ , onde  $g$  é o tempo de verde efetivo e  $C$  é o comprimento do ciclo.

*Passo 7:* calcular a capacidade de cada grupo de faixas - a capacidade de cada grupo de faixas é calculada de acordo com a equação 3.26, apresentada no item 3.3.2.1 (módulo 4). O resultado é colocado na coluna 7 do formulário.

*Passo 8:* calcular as taxas  $v/c$  para cada grupo de faixas - a taxa  $v/c$  de cada grupo de faixas é calculada como sendo a taxa de fluxo ajustado em relação a capacidade do grupo de faixas (vide equação 3.27), item 3.3.2.1, módulo 4). Estes valores são anotados na coluna 8 do formulário.

*Passo 9:* calcular a taxa  $v/c(X_c)$  crítica - essa taxa é calculada de acordo com a equação 3.23 (item 3.3.2.1, módulo 4), é apresentada na parte inferior do formulário da figura 3.26.

*Passo 10:* iteração de grupos de faixas com convergência à esquerda com faseamento protegido mais tolerado - neste caso as porções toleradas e protegidas são separadas e se supõe que o fluxo todo ocorra na porção protegida. Mas de acordo com o item 3.3.2.1 (módulo 4), esta suposição pode sobrecarregar a porção protegida, então a equação 3.29 (item 3.3.2.1, módulo 4) é proposta para resolver o problema atribuindo parte do fluxo da porção protegida a porção tolerada do faseamento. Nesse caso, todos os cálculos devem ser refeitos usando a nova taxa de fluxo. Os fluxos e taxas  $v/c$  para a fase serão alterados, e a taxa  $v/c$  crítica da interseção poderá ser

afetada.

Ao completar este módulo, as características de capacidade da interseção estarão definidas.

5. *Módulo do Nível de Serviço*: este módulo combina os resultados dos módulos anteriores para encontrar a demora média parada por veículo em cada grupo de faixas, para a aproximação e para a interseção como um todo, e relacionando estas demoras com os seus respectivos níveis de serviço (vide tabela 3.12).

As demoras são encontradas utilizando-se as equações 3.31, 3.32 e 3.33 do item 3.3.2.1 (módulo 5). O formulário deste módulo (figura 3.29) é designado para os cálculos da demora do 1º termo e da demora do 2º termo separadamente (vide item 3.3.2.1, módulo 5), sendo apresentado na figura 3.26 do item 3.3.2.1 no módulo 5.

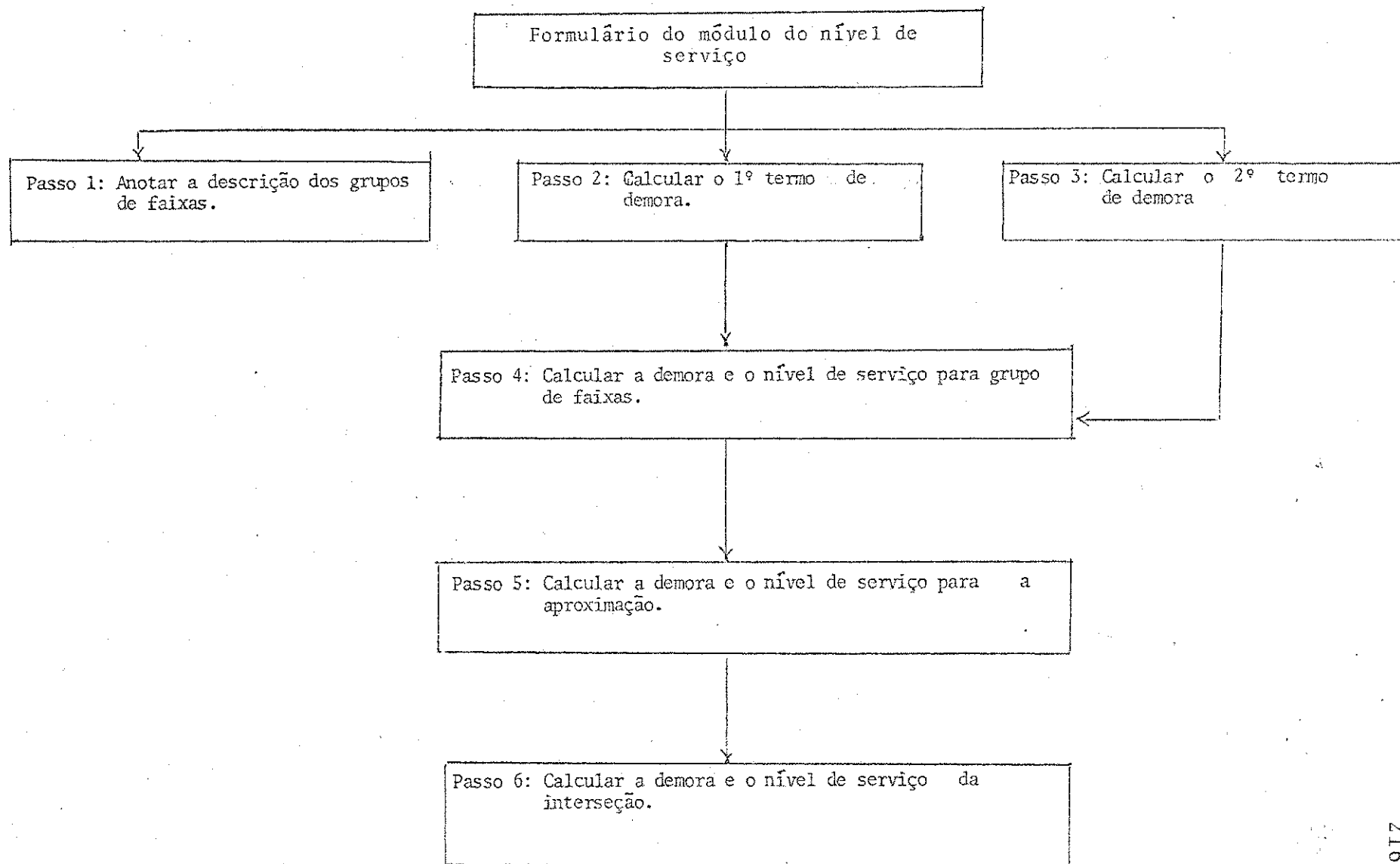
A sequência de cálculo a ser seguida de acordo com a figura 3.34, deve ser:

*Passo 1*: anotar a descrição dos grupos de faixas, que pode ser extraída do módulo anterior (figura 3.26), sendo que nesse módulo as convergências à esquerda com faixamento protegido mais tolerado não precisam estar separadas. A descrição deve ser anotada na coluna 2 do formulário.

*Passo 2*: calcular o primeiro termo de demora ( $d_1$ )- são necessários os seguintes dados:

1. a taxa v/c de cada grupo de faixas (fig. 3.26), que é anotada na coluna 3 da fig. 3.29.

Figura 3.34 - Fluxograma do procedimento de cálculo do módulo de nível de serviço.



2. a taxa  $g/C$  de cada grupo de faixas (fig. 3.26), anotada na coluna 4 da fig. 3.29; e
3. o comprimento do ciclo (fig. 3.21), anotado na coluna 5 da fig. 3.29.

Calcular o valor de  $d_1$  utilizando a equação 3.32 (item 3.3.2.1, módulo 5) e anotar o resultado na coluna 6 do formulário da figura 3.29.

*Passo 3:* calcular o segundo termo de demora ( $d_2$ ) - para encontrar  $d_2$  são necessários os seguintes passos:

1. anotar a capacidade de cada grupo de faixas (retirá-la da fig. 3.26) na coluna 7 do formulário da fig. 3.29; e
2. calcular  $d_2$  de acordo com a equação 3.33 e colocá-la na coluna 8 do formulário da fig. 3.29.

*Passo 4:* calcular a demora e determinar o nível de serviço para cada grupo de faixas - as demoras  $d_1$  e  $d_2$  são adicionadas e sua soma multiplicada pelo fator de progressão, que é determinado na tabela 3.13 do item 3.3.2.1 (módulo 5). O resultado do cálculo é a demora para o grupo de faixas considerado, sendo anotado seu valor na coluna 10 do formulário da fig. 3.29. O fator de progressão é anotado anteriormente na coluna 9.

*Passo 5:* determinar a demora e o nível de serviço para a aproximação - é encontrada adicionando-se os produtos das taxas de fluxos dos grupos de faixas pelas demoras de cada um dos grupos de faixas da aproximação e dividin

do pela soma total da taxa de fluxo da aproximação (vide equação 3.34, ítem 3.3.2.1, módulo 5). As demoras são anotadas na coluna 12 do formulário da figura 3.29. Da tabela 3.12 são obtidos os níveis de serviço de cada grupo de faixas e das aproximações, sendo os primeiros anotados na coluna 11 e os seguintes na coluna 13 do formulário da figura 3.29.

*Passo 6:* calcular a demora e o nível de serviço da interseção - a demora da interseção é encontrada ao se adicionar o produto da taxa de fluxo das aproximações pelas suas demoras e dividindo-se pela soma da taxa de fluxo total da interseção. Este cálculo poderá ser feito através da equação 3.3 do ítem 3.3.2.1 (módulo 5), sendo anotada na parte inferior do formulário. O nível de serviço, que é obtido da tabela 3.12 do ítem 3.3.2.1 (módulo 5), é anotado no outro extremo da parte inferior do formulário.

Como resultado desse módulo tem-se uma estimativa de demora média a qual os veículos permanecem parados (demora parada) num grupo de faixas, numa aproximação e na interseção como um todo, sendo seguidas por seus respectivos níveis de serviço.

### 3.3.2.3 - Avaliação dos resultados

Os resultados "chaves" da análise operacional são os seguintes:

1. As taxas v/c para cada grupo de faixas e para a interse



ção como um todo: a taxa v/c indica a proporção de capacidade disponível a qual está sendo utilizada pelos veículos nos grupos de faixas críticas.

Uma taxa v/c crítica menor do que 1.00, indica que todos os movimentos da interseção podem ser acomodados dentro de um comprimento de ciclo definido e que possui uma sequência de fases com tempo de verde com proporcionalidade de alocação. Quando as divisões de fase não forem proporcionais, algumas demandas de movimentos individuais podem exceder as capacidades dos movimentos mesmo onde a taxa v/c crítica for menor do que 1.00.

É, portanto, possível ter a taxa v/c crítica menor do que 1.0 e já ter movimentos individuais supersaturados. É um indicativo de que o tempo de verde não está apropriadamente repartido e que uma nova repartição seria bem oportuna. O Apêndice II deste trabalho pode ser consultado para este caso. Deve ser notado que as taxas v/c próximas de 1.00 representam situações com pouca capacidade disponível para absorver o aumento de demanda. Particularmente, onde os volumes de serviço estão sendo projetados, as imprecisões normais de tais projeções podem causar uma operação projetada da interseção próxima da capacidade a ponto de ficar supersaturada.

Se a soma das taxas de fluxo dos grupos de faixas críticos excedem 0.9 a 0.95, é improvável que o projeto geométrico e a semaforização existentes possam acomodar a demanda. A troca de ambos deve ser também considerada.

Quando a taxa v/c crítica for maior do que 1.00, indi

ca-se que o projeto geométrico e a semaforização não podem acomodar a combinação de fluxos críticos existentes ou projetados para a interseção. Um ou mais grupos de faixas estarão saturados. Os melhoramentos que poderiam ser considerados seriam:

1. mudanças básicas no projeto geométrico da interseção (número e uso de faixas).
2. mudanças no comprimento do ciclo do semáforo.
3. troca no plano de fase de semáforo.

Os Apêndices I e II deste trabalho podem ser consultados para auxiliar no caso.

Quando as taxas  $v/c$  se tornarem inaceitáveis, e o faseamento do semáforo já incluir um faseamento protegido para uma grande quantidade de convergência, é provável que as mudanças radicais seja inevitáveis.

Se as convergências à esquerda toleradas resultam em reduções extremas na taxa de fluxo de saturação aplicáveis aos grupos de faixas, a opção de um faseamento protegido deve ser considerada.

Quando a taxa  $v/c$  crítica da interseção é aceitável, mas as taxas  $v/c$  dos grupos de faixas variam amplamente, a alocação do tempo de verde deve ser reexaminada, como uma indicação de uma distribuição desproporcional do verde disponível.

2. *As demoras médias parada para cada grupo de faixas, aproximação e para a interseção como um todo, e os níveis de serviço correspondentes: o nível de serviço é uma me*

dida de aceitabilidade de demora pelos motoristas em uma determinada interseção. Note que, o que é "aceitável" em uma área comercial pode não ser necessariamente "aceitável" em um meio residencial. Quando os níveis de demora para a interseção como um todo são aceitáveis, mas inaceitáveis para certos grupos de faixa, o plano de fase e alocação de tempo de verde devem ser reexaminados, para fornecer uma operação mais eficiente aos movimentos em desvantagem.

Em alguns casos, os níveis de demora são inaceitáveis mesmo com taxas v/c relativamente baixas. Nessa condição, uma progressão pobre, um comprimento de ciclo para as condições prevalecentes e/ou um plano de fase ineficiente podem ser causas. Note, contudo, que quando os semáforos fazem parte de um sistema coordenado, o comprimento do ciclo em interseções individuais é determinado pelas considerações do sistema, e as alterações em locais isolados podem não serem práticas. Se uma progressão desfavorável for a maior contribuinte para a demora, mudanças no projeto geométrico e/ou na semaforização terão pouco efeito na coordenação das artérias e os offsets dos sinais deverão ser examinados para um possível melhoramento. Quando a progressão é razoável e as demoras inaceitáveis ainda existem, o fornecimento de maior capacidade através de mudanças no projeto geométrico e na semaforização deverão ser o melhor caminho.

Quando ambos, níveis de demora e taxas v/c são inaceitáveis, a situação é mais crítica. Em tais situações, a

demora pode aumentar rapidamente com pequenas variações na demanda. Um estudo completo sobre o potencial de projeto geométrico e melhoramentos na semaforização devem ser considerados.

Verificando-se que todas as possibilidades já foram testadas, isto pode indicar a necessidade de um projeto de fluxos de tráfego para níveis separados. Não havendo, pois, a possibilidade de uma solução em nível e semaforizada. Isto é, a mera repartição de tempo não é suficiente, há necessidade de separação espacial em níveis diferentes.

O seguinte ponto deve ser enfatizado, uma demora inaceitável pode existir onde a capacidade é um problema, como também, em casos onde é adequada. Portanto, as demoras inaceitáveis não asseguram automaticamente que a capacidade seja insuficiente. A análise deve considerar os resultados de ambos, módulo da análise de capacidade e módulo de nível de serviço, para obter uma configuração geral da operação da interseção.

Esses procedimentos, contudo, não levam em consideração todas as possíveis situações. As influências de tais características como o raio da curva de esquina, ângulo da interseção, combinações dos greides das aproximações, aspectos geométricos excêntricos, e outras condições específicas incomuns, não são consideradas na metodologia apresentada pelo HCM-85. Os estudos de campo podem ser conduzidos em tais casos para determinar a demora diretamente (ver Apêndice IV), e/ou calibrar a taxa de fluxo de saturação (ver Apêndice III). As demoras incomuns podem ocorrer devi

do a bloqueios, tais como estacionamento ilegal. O analista terá que observar a existência ou não de tais situações em campo e adicioná-las, caso existam, na análise deste capítulo.

### 3.3.3 - Análise do Planejamento

A análise de planejamento consiste numa ampla avaliação da capacidade de uma interseção sem considerar os detalhes de semaforização. Fornece uma avaliação básica sobre o fato da capacidade ser ou não excedida para um dado conjunto de volumes de demanda e elementos geométricos. Devido a semaforização não ser considerada, não é possível ter acesso a demora ou ao nível de serviço neste tipo de análise.

A aplicação da análise de planejamento é utilizada para o dimensionamento de elementos geométricos da interseção ou para identificar a suficiência geral de capacidade de uma interseção para propósitos de planejamento. É basea da na soma dos volumes de faixa críticos e requer o mínimo de informações.

#### 3.3.3.1 - Metodologia da análise do planejamento

A metodologia possui dois módulos básicos: o módulo dos dados de entrada e o módulo da análise de capacidade, que no procedimento de cálculo serão desdobrados em 7 passos fundamentais.

1. *Módulo dos Dados de Entrada:* requer os seguintes dados:
  - a. geométricos - que inclui o número e uso de faixas em cada aproximação; e
  - b. volumétricos - que inclui os volumes de cada movimento das aproximações em vph.

Este procedimento não considera os detalhes de largura de faixa, condições de estacionamento ou outros fatores, como o número de veículos pesados e de ônibus na corrente de tráfego.

A análise de planejamento identifica os movimentos críticos pelas faixas individuais e não pelos grupos de faixas, como na análise operacional. Assim, os volumes devem ser considerados por faixas:

1. onde existir faixas de convergência exclusivas, todas as convergências são consideradas em sua faixa apropriada.

2. em faixas divididas e/ou de movimentos diretos, quando não existirem convergências à esquerda toleradas os volumes são distribuídos igualmente entre as faixas disponíveis.

3. quando as convergências à esquerda toleradas estão incluídas em faixas divididas, os veículos são atribuídos as faixas divididas de movimento direto disponíveis em números iguais de carros-passeio equivalentes. Todos os veículos de convergência à esquerda protegida e de movimento direto têm carro-passeio equivalente (CPE) igual a 1.0, enquanto que, as convergências à esquerda toleradas têm os valores de CPE de acordo com a tabela 3.14:

Tabela 3.14 - Valores de carro-passeio equivalente para convergências à esquerda toleradas.

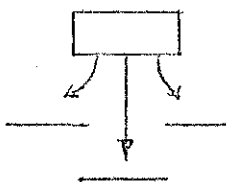
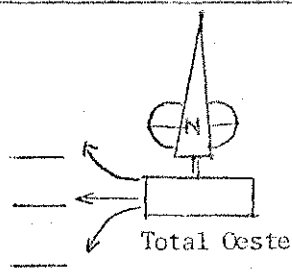
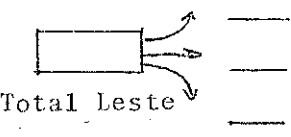
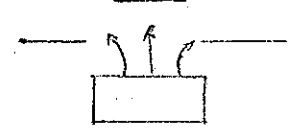
Volumes de convergência à direita e direto opostos, $v_0$			Equivalente
(vph)			(CPE)
0	a	199	1.1
200	a	599	2.0
600	a	799	3.0
800	a	999	4.0
		$\leq$ 1.000	5.0

Fonte: pág.9-21, cap.9 do HCM-85.

Obs.: Esta distribuição leva em consideração o fato que todas as convergências à esquerda são feitas na faixa dividida no lado esquerdo.

O formulário da figura 3.35 fornece os locais específicos para anotar os movimentos diretos e de convergências básicas. A terminologia "volumes de demanda" é usada para enfatizar a natureza de planejamento desta aplicação; porque estes volumes são projeções futuras de tráfego esperadas em um tempo futuro, e o analista é quem irá decidir se utiliza um volume horário ou uma taxa de fluxo para um pico de 15 minutos. Os volumes são estabelecidos em termos de tráfego misto, incluindo ônibus, caminhões e veículos com finalidade recreativa. Entrar com os volumes para cada movimento de cada aproximação nos espaços apropriados fornecidos nos cantos do formulário da figura 3.35, e em seguida adicioná-los e anotá-los também no espaço adequado.

Figura 3.35 - Formulário da Análise de Elançamento.

FORMULÁRIO DA ANÁLISE DE PLANEJAMENTO			
Interseção:		Data:	
Analista :		Período de análise:	
Nº Projeto:		Cidade/Estado:	
<p style="text-align: center;">Total Sul</p> 	<p>Rua N/S</p>	 <p style="text-align: center;">Total Oeste</p>	
 <p style="text-align: center;">Total Leste</p>	<p>Rua L/O</p>	 <p style="text-align: center;">Total Norte</p>	
CE Leste = _____ D Oeste = _____ CE Oeste = _____ D Leste = _____	CE Norte = _____ D Sul = _____ CE Sul = _____ D Norte = _____	Soma máxima de volumes críticos 0 a 1.200 1.201 a 1.400 > 1.400	Nível de Capacidade abaixo próximo acima

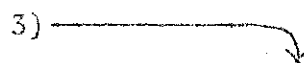
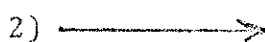
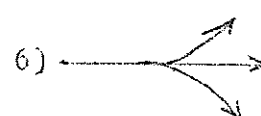
$$\begin{array}{c}
 \text{Crítico L/O} \quad + \quad \text{Crítico N/S} \quad = \quad \text{_____} \\
 \text{Nível de Capacidade}
 \end{array}$$

Obs: onde CE é convergência à esquerda e D movimento direto e de convergência à direita se existir.

Fonte: pág.9-81, cap. 9, HCM-85.



No centro do formulário há um espaço para a representação esquemática da interseção, onde podem ser identificados os movimentos ou combinação de movimentos específicos esperados para cada faixa de tráfego. Os seguintes movimentos por faixa são possíveis:



Se a geometria da interseção não for conhecida, ela deve ser estimada. O Apêndice I deste trabalho pode ser consultado neste caso.

2. *Módulo da Análise de Capacidade:* a análise é feita inteiramente com veículos mistos por faixa. Nenhuma conversão é feita levando em consideração o tipo de veículo, aspectos geométricos específicos, tais como, largura de faixa, greides, ou outras características detalhadas. A única exceção para esse tipo de técnica bastante simples é o caso de uma aproximação de faixa única, onde os volumes de convergência toleradas são considerados em termos do número total de carro-passeio equivalente.

Já que o projeto do semáforo não é conhecido na análise de planejamento, as combinações dos volumes de fai

xa crítica são identificadas ao considerar movimentos conflitantes. Para a via Norte-Sul, os conflitos críticos são os movimentos de convergência à esquerda rumo Norte com o movimento direto rumo Sul e o movimento de convergência à esquerda rumo Sul com o movimento direto rumo Norte. O volume crítico para a via Norte-Sul será então a maior soma entre o:

- . volume de convergência à esquerda rumo Norte mais o volume máximo de faixa única dos movimentos de convergência à direita mais os movimentos diretos rumo Sul, e o
- . volume de convergência à esquerda rumo Sul mais o volume total de faixa única dividida por movimentos de convergência à direita mais os movimentos diretos rumo Norte.

Similarmente, o volume crítico da via Leste-Oeste será o maior entre o:

- . volume de convergência à esquerda rumo Leste mais o volume total de faixa única dividida por movimentos de convergência à direita mais os movimentos diretos rumo Oeste, e o
- . volume de convergência à esquerda rumo Oeste mais o volume total de faixa única dividida por convergência à direita e movimentos diretos rumo Leste.

O volume crítico total para a interação é a soma dos volumes críticos para as vias Norte-Sul e Leste-Oeste. Os volumes críticos são comparados com os critérios da tabela

3.15, para se ter um julgamento sobre a capacidade da interseção em relação à esses volumes críticos.

Como a capacidade não pode ser precisamente determinada quando o projeto do sinal e os detalhes geométricos e de tráfego não estão completamente definidos, os resultados na análise de planejamento são determinações gerais das prováveis condições de tráfego da interseção.

A capacidade irá variar consideravelmente com o comprimento do ciclo, número de fases, tempos perdidos, e outros inúmeros fatores. Os valores da tabela 3.15, apresentados logo abaixo, representam situações que ocorrem normalmente, incluindo:

- comprimento de ciclo de 30 a 120 segundos;
- tempos perdidos entre 6 e 14 segundos/ciclo;
- percentual de veículos pesados entre 0% e 10%;
- terreno em nível; e
- largura de faixas padrões entre 3 e 3,5m.

Tabela 3.15 - Critérios de capacidade para a análise de planejamento de interseções semaforizadas.

Volume crítico para a interseção			relacionamento com a provável capacidade
0	a	1.200	abaixo da capacidade
1.201	a	1.400	perto da capacidade
		≥ 1.401	acima da capacidade

Fonte: tabela 9-14, cap. 9 do HCM-85.

Para essas condições, os volumes críticos serão menores que 1200 vph e virtualmente sempre estarão abaixo da

capacidade da interseção. Os valores maiores que 1400 vph estarão bem acima da capacidade em muitos casos. Os volumes entre 1200 e 1400 vph são de difícil julgamento, já que as características específicas não estarão disponíveis para se saber a condição da capacidade. Para tais casos, somente é possível ter uma avaliação geral e saber que o volume está próximo, abaixo ou excede a capacidade da interseção.

A parte inferior do formulário da figura 3.35 contém uma representação esquemática à direita para a determinação do volume crítico da interseção, e na parte esquerda está inserida a tabela 3.15.

Um formulário é fornecido na análise para facilitar os cálculos, este formulário é apresentado na figura 3.36, e tem como objetivo auxiliar no cálculo da distribuição por faixa do volume quando existirem convergências toleradas. O seu preenchimento será explicado detalhadamente no procedimento de cálculo.

### 3.3.3.2 - Procedimento de cálculo

O procedimento de cálculo da análise de planejamento é indicado no fluxograma da figura 3.37. Os dados de entrada básicos consistem de volumes e dados geométricos. Os seguintes passos descrevem a aplicação detalhada da técnica de análise de planejamento:

*Passo 1:* anotar os volumes de demanda - são anotados os volumes de demanda de cada movimento de cada aproximação nos locais específicos contidos no formulário

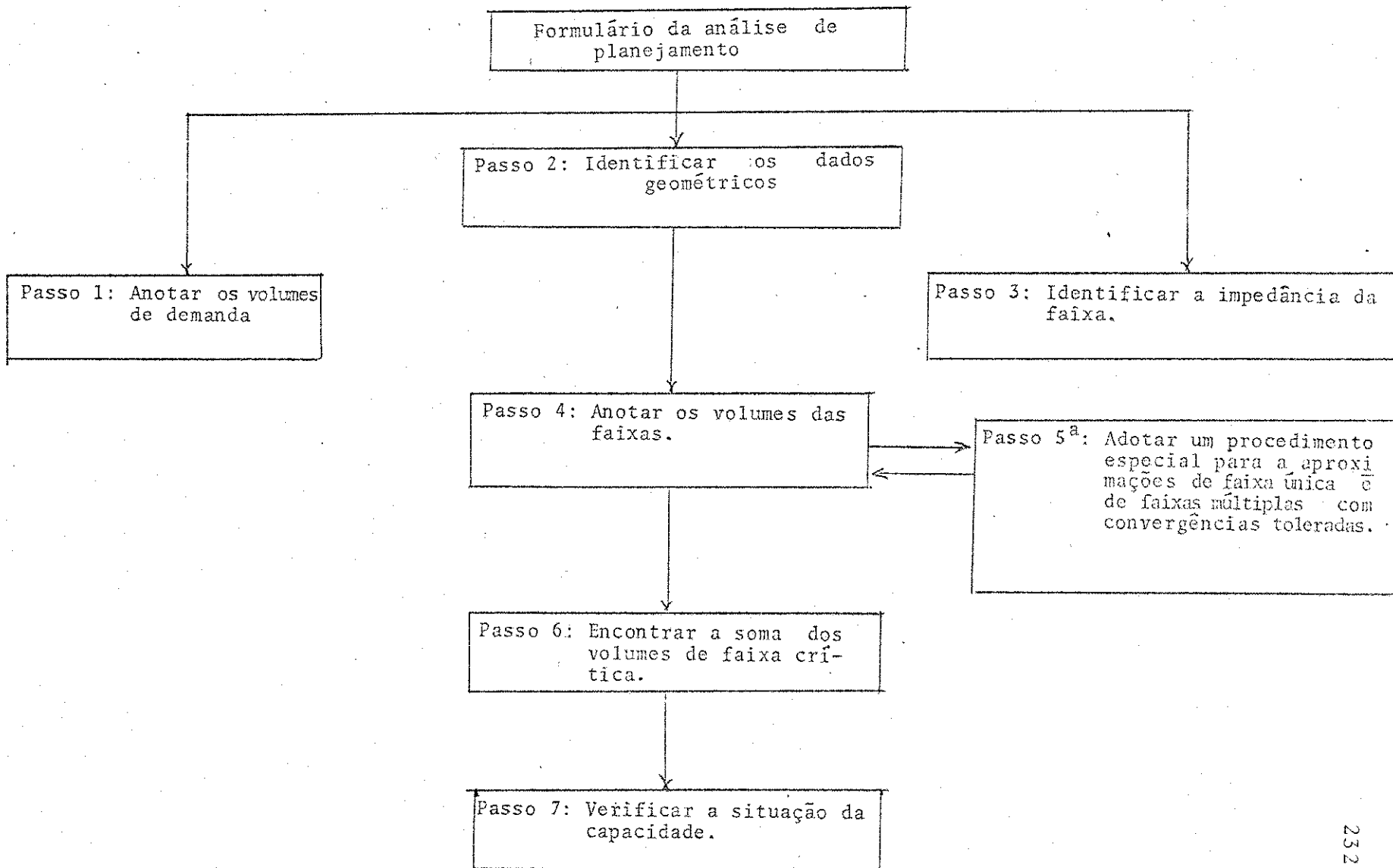
Figura 3.36 - Formulário suplementar da Análise de Planejamento para distribuição de volume por faixa.

Distribuição de faixa para faixas divididas por mov. de conv. à esquerda e direito em uma aproximação de faixas múltiplas com faixas de conv. à esquerda tolerada e aproximações de faixa única.										
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Volume Oposto $v_o$ (vph)	(i) $CPE_{CE}$	(ii) $v_{CE}$	$CPE$ equivalente de conv. à esquerda	Volume Total (D+CD) * **	Total	Nº de faixas na apr.	Volume equiv. p/faixas $^{***} CE + D$	Veículos diretos nas faixas $^{***} CE + D$	Volume na faixa $CE + D$	Volume nas faixas restantes.
0 - 199 = 1.1										
200 - 599 = 2.0										
600 - 799 = 3.0			(2)x(3)		(4)+(5)		(6)÷(7)	(8)-(4)	(3)+(4)	$\frac{3+3-10}{7} = -1.0$
800 - 999 = 4.0										
> 1000 = 5.0										
Aproximação										
L										
E										
S										
T										
E										
O										
E										
S										
T										
E										
N										
O										
R										
T										
E										
S										
U										
L										

- i )  $CPE_{CE}$  = carro-passeio equivalente de convergência à esquerda.  
 ii )  $v_{CE}$  = volume de convergência à esquerda.  
 \*  $D_{CE}$  = movimento direto  
 \*\* CD = movimento de convergência à direita  
 \*\*\* CE = movimento de convergência à esquerda.

Fonte: pág.9-82, cap. 9 do HCM-85.

Figura 3.37 - Fluxograma do procedimento de cálculo da análise de planejamento.



a. o fluxograma deste procedimento é apresentado na figura 3.38.

da figura 3.35.

*Passo 2:* identificar os dados geométricos - na porção central do formulário da figura 3.35 é anotada a representação geométrica da interseção com a indicação dos movimentos ou combinação de movimentos que compõem cada aproximação.

*Passo 3:* identificar a impedância de faixa - identificar aqueles movimentos de convergência: à esquerda em faixas divididas que interferem com o fluxo direto oposto, provocando assim uma impedância nesse fluxo. Esses movimentos impedirão o fluxo direto que utiliza a mesma faixa. Identificar as faixas centrais que contêm convergência à esquerda e movimento direto impedidos pelo fluxo direto oposto, marcando estas faixas com asteriscos (\*) no formulário da figura 3.35.

*Passo 4:* anotar os volumes das faixas - distribuir os movimentos diretos e de convergência para cada faixa tão uniformemente quanto possível. A premissa básica é que o tráfego será distribuído na interseção em número igual ao carro-passeio equivalente em cada faixa da aproximação principal. Este conceito é particularmente importante nas situações de faixas divididas. Os volumes de faixa podem ser acomodados como segue:

1. se uma aproximação tiver uma faixa de convergência exclusiva, movimento direto e convergência à direita, considerar o volume total para esta faixa. Onde

existirem faixas múltiplas para um único movimento, distribuir uniformemente os volumes em cada faixa.

2. onde uma aproximação tiver uma faixa de convergência à esquerda exclusiva, mas não tiver uma faixa de convergência à direita exclusiva, os veículos de movimento direto e de convergências à direita serão distribuídos igualmente nas faixas disponíveis, sujeitos a restrições de que todas as convergências à direita devem ser consideradas na faixa à direita. Os veículos de convergência à direita serão considerados como tendo CPE igual a 1.0 para propósito de planejamento.

3. se uma aproximação com duas ou mais faixas tiver uma faixa dividida por movimentos diretos e de convergência, a distribuição de volume sofrerá o impacto de impedância, algo já tratado anteriormente no passo 3. Os veículos são distribuídos entre as faixas disponíveis de tal forma que o número de CPE de cada faixa seja igual, sujeito a restrição de que todos os movimentos de convergência à esquerda devem ser considerados na faixa mais esquerda. Os valores de CPE para a impedância de convergências à esquerda são dados na tabela 3.14 do item 3.3.3.1.

O formulário da figura 3.36 está reservado para os cálculos de CPE e para distribuir o volume nas faixas disponíveis. Se o volume de CPE de convergência à esquerda exce



der o volume de CPE médio por faixa, todas as convergências à esquerda serão consideradas na faixa mais à esquerda, restrição citada anteriormente, e o tráfego resultante será igualmente distribuído nas faixas restantes. Os volumes de CPE são convertidos em volume real (vph) e colocados antes dos volumes de faixa no formulário da figura 3.36.

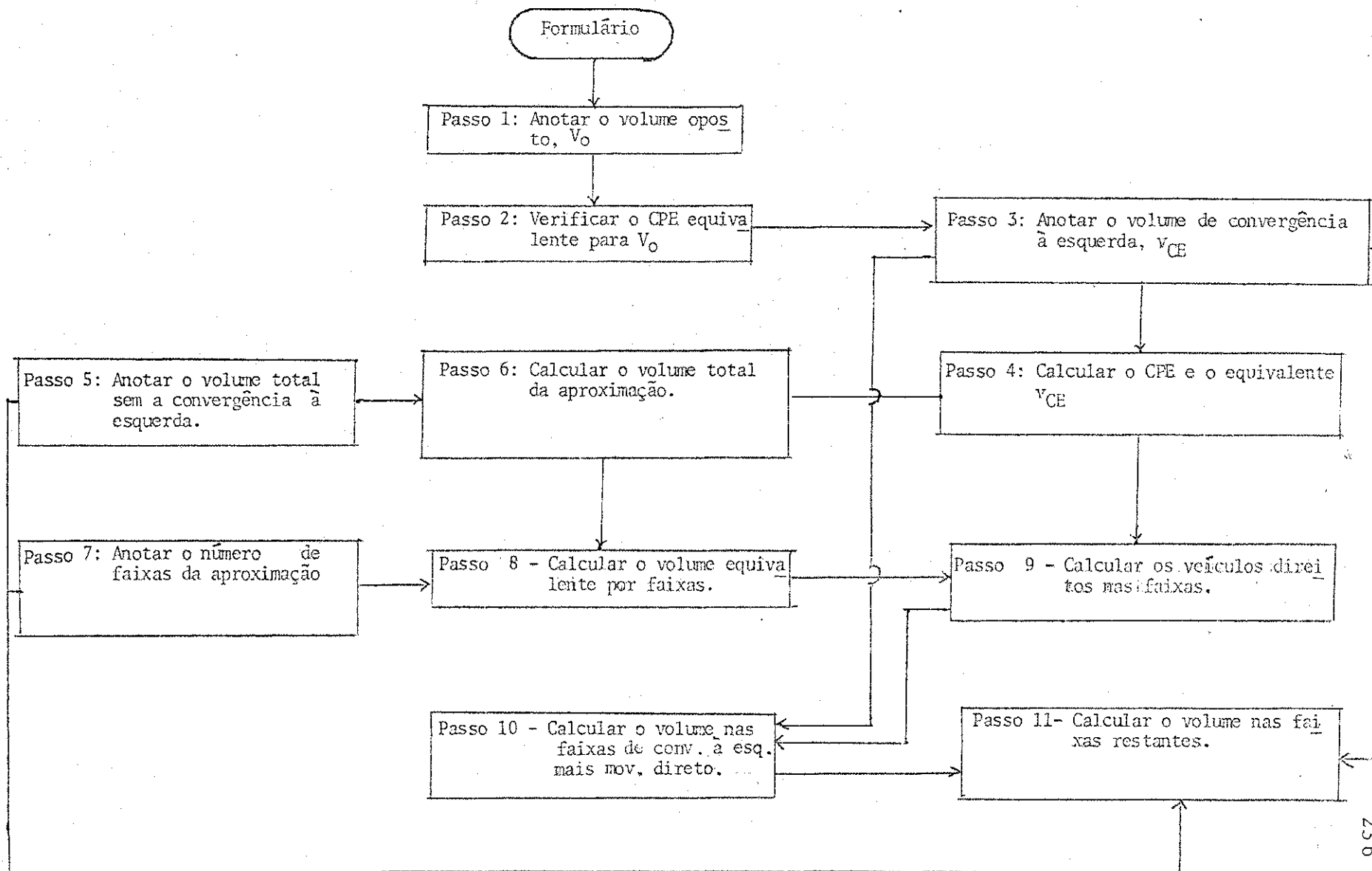
Na coluna 1, tem-se o volume oposto, " $v_0$ ", e de acordo com a tabela 14, que está no próprio formulário, determina-se o valor de CPE e anota-se na coluna 2. Multiplica-se a coluna 2 pela coluna 3, que apresenta o volume de convergência à esquerda da aproximação e anota-se o produto na coluna 4. Sabendo-se o número de faixas da aproximação, divide-se o volume total da aproximação da 5.<sup>a</sup> coluna pelo número de faixas da coluna 7, obtendo-se o volume equivalente por faixa na aproximação na coluna 8.

*Passo 5:* procedimento especial para aproximação de faixa única: este procedimento é detalhado na figura 3.38. Se uma aproximação tem faixa única, anotar todas as convergências à esquerda no formulário da figura 3.36 (item 3.3.3.1). Somar os volumes dos movimentos e adotar esse valor como o fluxo total por faixa.

A distribuição de faixa do formulário da figura 3.36 é preenchida para uma aproximação de faixa única até a coluna 8. Isto permite modificações no procedimento básico para que se leve em consideração o tipo de situação, da seguinte maneira:

a. anotar na coluna 8 o volume de CPE ao invés do vo

Figura 3.38 - Fluxograma do procedimento especial para aproximações de faixa única e de faixas múltiplas divididas com convergências toleradas.



lume real dos movimentos combinados.

- b. subtrair qualquer volume de convergência oposto feito de aproximação de faixa única do volume de convergência da aproximação em questão, e anotar o restante. Os volumes de convergência são considerados como sendo feitos de aproximação de faixa única até que as brechas terminem. Para a aproximação com faixa única, a análise é realizada com os volumes em CPE para levar em consideração o impacto das convergências à esquerda impedidas bloqueando o tráfego restante da aproximação, como também, outros veículos que desejem convergir.

*Passo 6:* encontrar a soma dos volumes de faixa crítica - a soma dos volumes de faixa crítica conflitantes representa a demanda total de volume por faixa na interseção, considerando que a semaforização na interseção é ótima.

A soma dos volumes críticos da interseção iguala-se a soma dos volumes de faixa crítica de cada via. Identificar os fluxos de faixa crítica, calcular os volumes críticos de cada via, e anotar esses volumes em retângulo apropriados localizados na parte inferior do formulário de faixa crítica das vias Leste-Oeste e Norte-Sul. As maiores somas de cada uma das vias serão consideradas como os volumes de faixa crítica de cada uma das vias e somando-se estes resultados, na parte inferior do formulário da figura 3.35, obtém-se a soma máxima dos volumes de faixa crítica da interseção.

*Passo 7:* verificar a situação da capacidade - o volume crítico da interseção é verificado na tabela 3.15, que aparece no próprio formulário da figura 3.35, e é identificada a situação da capacidade.

### 3.3.3.3 - Avaliação dos Resultados

Três resultados são possíveis:

1. A demanda de tráfego é esperada abaixo da capacidade da interseção, isto é, os volumes de faixa crítica da interseção estarão abaixo de 1200 vph, nesse caso excessivas demoras não podem ser antecipadas.
2. A demanda de tráfego esperada estará próxima da capacidade da interseção, isto é, no intervalo de 1201 a 1400 vph, nesse caso é possível haver um fluxo de tráfego instável com grandes variações de demora.
3. A demanda de tráfego esperada estará acima da capacidade da interseção, isto é, acima de 1400 vph, nesse caso já podem serem antecipadas excessivas demoras durante o período de análise.

Os resultados da análise de planejamento fornecem uma indicação geral da aceitabilidade da capacidade da interseção para uma condição de demanda de tráfego futura. Onde os resultados forem inaceitáveis, a necessidade de modificações na geometria da interseção é proeminente.

O Apêndice I deste trabalho também poderá ser consultado para algumas sugestões gerais.

## 3.4 - Referências Bibliográficas

1. Manual on Traffic Surveys. United Nations, New York, 1971, pág. 1-22.
2. Measuring Traffic Volumes. Procedure Manual 3A. Public Administration Service, Chicago, 1958, pág. 1-15.
3. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. Representaciones Y Servicios de Ingeniería S.A., México, 1971, pág. 10-25.
4. Wohl, Martin e Martin, Brian. Traffic System Analysis for Engineers and Planners. McGraw - Hill Book Company, New York, 1965, cap.13, pág. 399.
5. Highway Capacity Manual 1985. TRB, Special Report 209, 1985, cap. 9 e 12.

## CAPÍTULO IV

### ESTUDO DE CASO PELO HCM-85

#### 4.1 - Introdução

Este capítulo tem como objetivo a análise crítica e apresentação de uma aplicação do HCM-85, referente a análise operacional e de planejamento de uma interseção semaforizada do tipo cruzamento:

A interseção situa-se na Avenida Canal com a Rua Arão Lins, localizada na região metropolitana de Recife, estado de Pernambuco, sendo representada na figura 4.1 no formulário do Módulo de Dados de Entrada para o cálculo.

É uma interseção simples de quatro aproximações, tendo duas aproximações com duas faixas e sinalização pré-fixada de 75 segundos de ciclo. A Avenida Canal tem duas faixas em cada sentido, enquanto que a Rua Arão Lins tem uma faixa em cada sentido.

É feita uma análise da capacidade e do nível de serviço da interseção em questão para um conjunto de volumes existentes e projetados, semaforização e projeto geométrico.

A análise operacional resulta na determinação da capacidade e do nível de serviço para grupo de faixas ou aproximação, como também, no conhecimento do nível de serviço da interseção como um todo. É necessário, no entanto, informações detalhadas sobre as condições geométricas, de tráfego e semaforização da interseção.

Após a conclusão da análise é feita uma avaliação dos

resultados obtidos para verificar a situação operacional da interseção. Com base nesses resultados, uma nova solução é proposta para melhorar o desempenho da interseção.

A análise de planejamento será feita com base em volumes projetados para um período de cinco anos com o cenário do estudo de caso a título de verificação da situação no ano horizonte.

Devido a resultados de estudos realizados após o HCM-85 com o intuito de aperfeiçoá-lo recomendando algumas alterações em sua técnica de análise, algumas considerações são feitas a este respeito após a conclusão da análise de planejamento.

Este capítulo se encerra com uma avaliação geral dos resultados obtidos das análises sobre a interseção estudada.

#### 4.2 - Resolução Analítica

A resolução analítica do HCM-85 se encontra dividida em dois níveis de análise: operacional e de planejamento.

Por se tratar de um estudo de caso de uma situação existente, será feita primeiramente a análise operacional da situação para se verificar o desempenho atual da interseção. Com base nos resultados obtidos desta análise uma nova solução poderá ser proposta com a finalidade de melhorar este desempenho. Uma análise de planejamento será feita logo em seguida para se verificar a situação da interseção no futuro considerando uma boa solução no presente. Estas informações serão importantes pois proporcionarão um conjunto de conheci

mentos desse ponto de conflito que deverão ser importantes na disposição de qualquer projeto geométrico, mudança do curso do tráfego, sincronização de semáforos e qualquer outra medida que venha a ser tomada para a região onde está contida esta interseção.

#### 4.2.1 - Análise operacional da situação existente.

Como já foi dito em capítulos anteriores, a metodologia do manual por ser algo muito complexo divide a análise operacional em cinco módulos distintos que são como segue:

1. *Módulo dos dados de entrada*: este módulo de análise focaliza a definição de todas as informações necessárias para os cálculos subsequentes. Inclui os dados geométricos, de tráfego e semaforização da interseção.

(a) *dados geométricos*: tipo de área na qual está localizada a interseção, número de faixas, largura das faixas, greides das aproximações, existência de faixas exclusivas de convergências, comprimento das bainhas de armazenamento e condições de estacionamento.

(b) *dados de tráfego* : volumes por movimento, fator hora de pico, percentual de veículos pesados, taxa de fluxo de pedestres, número de paradas locais de ônibus, atividades de estacionamento em número de manobras por hora e o tipo de chegada dos pelotões das aproximações na interseção.

(c) *dados de semaforização*: comprimento do ciclo em segundos, o tempo de verde em segundos, o tipo de operação



do sinal, no caso, se ele é do tipo fixo ou atualizado, a existência de botões para pedestres, o tempo mínimo de verde para pedestres e o plano de fase.

Quando alguns dados necessários não forem conhecidos, o Manual apresenta uma tabela, a Tabela 3.2 do item 3.3.2.1, cap. 3 (equivalente a tabela 9-3 do Capítulo 9 do Manual de 85), contendo valores que podem ser adotados.

2. *Módulo de Ajustamento de Volume:* os volumes de demanda são geralmente estabelecidos em termos de veículos por hora para uma hora de pico. O módulo converte estes volumes em taxas de fluxo para um pico de 15 minutos do período de análise, e leva em conta os efeitos de distribuição de faixas. A definição de grupo de faixas para a análise é também estabelecida neste módulo. Esse módulo envolve o fator hora de pico, o estabelecimento dos grupos de faixas e a atribuição de volumes a esses grupos de faixas.
3. *Módulo da Taxa de Fluxo de Saturação:* este módulo é utilizado para calcular a taxa de fluxo de saturação  $s$  para cada grupo de faixas estabelecido na análise. É baseado no ajustamento de uma taxa de fluxo de saturação "ideal" (1800 carro-passeio por hora por tempo de verde por faixa) para refletir as diversas condições prevalecentes do local.
4. *Módulo de Análise de Capacidade:* neste módulo, os volumes e taxas de fluxo de saturação ajustadas são manipulados para calcular a capacidade e taxas  $v/c$  para cada grupo de faixas e a taxa  $v/c$  crítica da interseção. O valor de  $v$ , taxa de fluxo ajustada em vph, que é o fluxo para um pe

modo de pico de 15 minutos da hora de pico, levando em consideração o número de faixas e o fator de utilização de faixas de um grupo de faixas obtido na Tabela 3.3 do item 3.3.2.1 (equivalente a tabela 9-4 do Capítulo 9 do HCM-85), é obtido na coluna 10 do formulário de ajustamento de volume que está na figura 4.2. O valor de  $c$ , que é a capacidade do grupo de faixas em vph obtida através da equação  $c = sx(g/C)$ , é encontrada na coluna 7 do formulário da análise de capacidade. A divisão do primeiro valor pelo segundo ( $v/c$ ) fornece a proporção de volume do grupo de faixas utilizando a sua capacidade, assim como, a proporção de utilização da capacidade da interseção por parte dos seus grupos de faixas mais carregados.

5. *Módulo de Nível de Serviço*: a demora é estimada para cada grupo de faixas estabelecido na análise. As medidas de demora são agregadas para as aproximações como um todo. E assim, a partir do valor da demora, consultando a tabela 3.12 do item 3.3.2.1 (equivalente a tabela 9-1 do Capítulo 9 do HCM-85), os níveis de serviço são determinados. As explicações mais específicas de cada módulo serão dadas no decorrer da análise operacional da interseção em questão.

#### 4.2.1.1- Análise operacional da situação existente.

Será realizada com base nos dados obtidos em campo para se verificar a situação atual do cruzamento no que se refere a capacidade e o nível de serviço. A sequência seguida está de acordo com a sequência metodológica apresentada no capítulo

lo anterior.

1. *Módulo de Dados de Entrada*: todas as condições relevantes de volumes e geometria são ilustradas no diagrama, mais especificamente na metade superior do formulário da figura 4.1, onde se pode observar que os volumes de convergência não são muito altos e que a aproximação Leste apresenta um volume sensivelmente elevado em relação as outras aproximações.

Através dos resultados das somas dos volumes horários (tabela 4.1) foi determinado que a hora de maior volume, ou hora de pico, é das 7:00 às 8:00 horas da manhã. O Manual baseia a análise nessa hora de maior volume na interseção. No centro do formulário são apresentados outros itens de relevada importância.

A interseção é em nível, que neste caso, não havendo dados dos níveis do local, foi utilizado o valor recomendado pela tabela 3.2 de 0% para todas as aproximações. O tráfego inclui 3% de veículos pesados na aproximação Leste, que é resultado da média de veículos pesados da aproximação inteira (conforme recomendação da página 9-23 do Capítulo 9 do HCM-85) de todos os movimentos que a constituem. A aproximação Oeste possui o percentual de 5% de veículos pesados, e as aproximações Norte e Sul apresentam os percentuais de 0% e 2%, respectivamente, de veículos pesados. Sabe-se que não há faixa de estacionamento nas aproximações, e as aproximações Leste e Oeste não possuem ônibus, mas as aproximações Norte e Sul apresentam, respec

**FORMULÁRIO DOS DADOS DE ENTRADA**

Interseção: Av. Canal e Rua Arão Lins. Data: 24.04.90  
 Avalista : Maisa Sales Costa Horário: 7-8 a.m. Área:  ILCBD  Outras  
 Nº Projeto: \_\_\_\_\_ Local: Recife/PE

**DADOS VOLUMÉTRICOS E GEOMÉTRICOS**

**IDENTIFICAR NO DIAGRAMA:**

1. Volumes
2. Faixas, largura de faixas
3. Movimentos das faixas
4. Locais de estacionamento
5. Comprimento de bainhas de armazenamento
6. Ilhas
7. Paradas de ônibus

**Condições do Tráfego da Via**

Aproximação	Greide %	% VP	Estacionam.		Ônibus (NB)	FHP	Pedestres (por hora)	Botão p/Pedestres		Tempo de Chegada
			Sim/Não	Nm				Sim/Não	Tempo mínimo	
Leste	0	3.0	Não	-	0	0.87	50	Não	9,8 s	3
Oeste	0	5.0	Não	-	0	0.76	50	Não	9,8 s	3
Norte	0	0.7	Não	-	17	0.77	50	Não	9,7 s	3
Sul	0	2.0	Não	-	24	0.85	50	Não	9,7 s	3

Nível: + p/cima; -p/baixo; VP: Veículo pesado (+4 rodas); Nm: n° manobras de estacionamento.  
 NB : paradas de ônibus no local; FHP: fator hora de pico.

**FASEAMENTO**

DIAGRAMA									
	G = 48 Y+R = 27	G = 19 Y+R = 56	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =
Fixo ou Atualizado	F	F							
G = verde			Y = amarelo			R = vermelho			

**Símbologia do faseamento**

	convergências protegidas	Comprimento do Ciclo: <u>75</u> seg.
	convergências toleradas	
	pedestres	

Fonte: Fig. 9-1; cap. 9 do HCM-85

Tabela 4.1 - Volumes horários da interseção.

Horário	Volume	Horário
6:00 - 7:00	242	
7:00 - 8:00	1136	
8:00 - 9:00	764	
9:00 - 10:00	462	
10:00 - 11:00	495	
11:00 - 12:00	783	
12:00 - 13:00	830	
13:00 - 14:00	782	
14:00 - 15:00	703	
15:00 - 16:00	583	
16:00 - 17:00	520	
17:00 - 18:00	814	
18:00 - 19:00	671	
19:00 - 20:00	524	

Fonte: DETRAN-PE

tivamente, 17 e 24 paradas de ônibus na hora de pico. O fator hora de pico para cada aproximação foi adotado como sendo o FHP do movimento de maior volume da aproximação na hora de pico:

Leste	-	0,87
Oeste	-	0,76
Norte	-	0,77
Sul	-	0,85

Os volumes de pedestres também foram retirados da tabela 3.2 do Capítulo 3, sabendo-se que o fluxo de pedestre é baixo para todas as aproximações, o valor adotado foi 50 pedestres por hora para cada aproximação.

Como não há botão ativado para pedestres, o tempo mínimo de verde para pedestres pode ser calculado pela equação:

$$G_p = 7.0 + d/1,22 - T \quad (\text{eq. 3.5 do cap. 3})$$

onde:

$G_p$  = tempo mínimo de verde para pedestres, em segundos.

$d$  = distância do meio-fio ao centro da faixa de viagem mais diante, ou a ilha de refúgio de pedestres mais próxima, em metros.

$T$  = intervalo de troca (amarelo + vermelho), em segundos.

O Manual adota 3s.

Aplicando a fórmula, tem-se que:

$$G_p \text{ (Av. Canal)} = 7,0 + (3,55 + 3,55) / 1,22 - 3 = 9,8 \text{ s}$$

$$G_p \text{ (Rua Arão Lins)} = 7,0 + (4,6 + 2,3) / 1,22 - 3 = 9,7 \text{ s}$$

Observação: examinando o faseamento do sinal, foi considerada a maior distância a ser atravessada pelo pedestre, para o cálculo de  $d$ .

Com relação aos tipos de chegadas, visto que não se possui o tipo de chegada das aproximações do local, foi adotado o valor da tabela 3.2 do item 3.3.2.1 (pelo Manual) como um tipo 3 de chegada.





Na parte inferior do formulário é apresentada a sequência cronométrica da sinalização, onde pode-se verificar um plano simples de duas fases, com a Av. Canal recebendo 48 segundos de tempo de verde e a Rua Arão Lins recebendo 19 segundos de tempo de verde num ciclo de 75 segundos. Com convergências com faseamento tolerado e protegido.

2. *Módulo de Ajustamento de Volume*: o formulário de ajustamento de volume para os cálculos é apresentado na figura 4.2.

Os volumes dos movimentos são colocadas na 3.<sup>a</sup> coluna do formulário e são consequentes do módulo dos dados de entrada. Cada um é dividido pelo FHP da aproximação para produzir a taxa de fluxo do movimento, indicado na coluna 5.

Deve-se, então, estabelecer os grupos de faixas para a análise. Logicamente, as aproximações Norte e Sul formam um grupo de faixas cada, já que somente uma faixa está presente. Para as aproximações Leste e Oeste é agora necessário que se determine a existência ou não de equilíbrio de repartição de faixa para a convergência à esquer

Figura 4.2 - Formulário de ajustamento do volume.

(1) Aproximação	(2) Movimento do Grupo de faixas	(3) Volume por movimento (vph)	(4) Fator hora de Pico (FHP)	(5) Taxa de Fluxo, vp (vph) (5) ÷ (4)	(6) Grupo de Faixas	(7) Taxa de Fluxo no Grupo de faixas (vph)	(8) Nº de Faixas (N)	(9) Fator de Utilização de faixas Tab. 3.3	(10) Fluxo Ajustado, v (vph) (7) x (9)	(11) Proporção de Convergência a direita e esquerda $P_{CD}$ e $P_{CE}$
LESTE	Convergências à esquerda	16	0.87	18						
	Direto	592	0.87	680		743	2	1.05	780	0.02 $P_{CE}$ 0.06 $P_{CD}$
	Convergências à direita	39	0.87	45						
OESTE	Convergências à esquerda	13	0.76	17						
	Direto	178	0.76	234		301	2	1.05	316	0.06 $P_{CE}$ 0.17 $P_{CD}$
	Convergências à direita	38	0.76	50						
NORTE	Convergências à esquerda	16	0.77	21						
	Direto	89	0.77	115		198	1	1.00	198	0.11 $P_{CE}$ 0.31 $P_{CD}$
	Convergências à direita	48	0.77	62						
SUL	Convergências à esquerda	29	0.85	34						
	Direto	71	0.85	84		126	1	1.00	126	0.27 $P_{CE}$ 0.06 $P_{CD}$
	Convergências à direita	07	0.85	08						

Fonte: Fig. 9-2, cap. 9 do HCM-85.



da, ou se de fato existe uma faixa de convergência à esquerda.

Isto é feito de acordo com a seção da "Metodologia" do HCM-85, no Capítulo 9.

Primeiro, a taxa aproximada de fluxo de convergência à esquerda equivalente é calculada para as convergências à esquerda das aproximações Leste e Oeste, utilizando a seguinte equação:

$$v_{CE} = v_E \times 1800 / (1400 - v_O) \text{ em vph, (eq.3.7, cap. 3)}$$

onde:

$v_{CE}$  = taxa de fluxo aproximada de convergência à esquerda equivalente (em vph).

$v_E$  = taxa real de fluxo de convergência à esquerda (em vph).

$v_O$  = taxa total de fluxo oponente (em vph).

Observação: Note-se que quando  $v_O$  é maior ou igual a 1400 vph,  $v_{CE}$  não tem sentido. Neste caso o movimento de convergência à esquerda contra o fluxo oponente não é viável, e a inclusão de uma fase de convergência à esquerda protegida no ciclo do semáforo faz-se necessário ser considerada na análise.

Como nenhuma das aproximações inclui uma convergência à esquerda exclusiva,  $v_O$  é tomado como o fluxo total na aproximação oponente, incluindo convergências à esquerda e à direita, tem-se que:

$$v_{CE}(\text{Leste}) = 18 [1800/(1400 - 301)] = 29 \text{ vph}$$

$$v_{CE}(\text{Oeste}) = 17 [1800/(1400 - 743)] = 47 \text{ vph}$$

*Verificação de Equilíbrio:*

Para que exista equilíbrio, esses valores devem ser menores do que o fluxo médio por faixa, admitindo que todas as convergências à direita e movimento direto devem usar as faixas restantes.

Assim sendo:

$$v_{CE} < (v_a - v_E)/(N - 1), \quad \text{então (eq. 3.9, cap. 3)}$$

então,

$$29 < [(743-18)/(2-1)] = 725 \text{ vph faixa, /aceitável!}$$

$$47 < [(301-17)/(2-1)] = 284 \text{ vph faixa, /aceitável!}$$

Portanto, haverá equilíbrio tanto na aproximação Leste como na Oeste, e um grupo de faixa simples é estabelecido para cada aproximação. Esses cálculos usam as taxas de fluxo da coluna 5 do formulário do Módulo de Ajustamento de volumes. A taxa de fluxo do grupo de faixas (soma dos três movimentos da coluna 5),  $v_g$  é colocado na coluna 7.

O fator de utilização de faixa é selecionado da tabela 3.3 do item 3.3.2.1. Para a Avenida Canal, com aproximação com duas faixas cada, o valor é 1,05, enquanto que para a Rua Arão Lins, com as aproximações com uma única faixa, o valor é 1,00. Isso é colocado na coluna 9, e é multiplicado pelas taxas de fluxo da coluna 7 para produzir as taxas de fluxo ajustadas na coluna 10, isto é:  $v = v_g \times U$ .

A proporção de convergências à esquerda ou à direita

no grupo de faixas é calculada tomando-se as taxas de fluxo de convergências da coluna 5 e dividindo-se pelo fluxo total não-ajustado no grupo de faixas da coluna 7. Esses valores são geralmente arredondados para próximo de 0,01 para uso na análise.

Observação: na determinação dos grupos de faixas para a análise alguns critérios devem ser seguidos:

- i ) o procedimento da análise operacional é desagregado, isto é, considera-se cada aproximação da interseção na forma individual e, também, de forma individual os grupos de faixas que a constituem.
- ii ) um "grupo de faixas" é definido como uma ou mais faixas na interseção servindo um ou mais movimentos de tráfego. A segmentação da interseção em grupos de faixas é um processo relativamente óbvio, que considera tanto o projeto geométrico como a distribuição dos movimentos de tráfego da interseção. Para a determinação destes grupos de faixas algumas considerações podem ser aplicadas:
  - a) Uma faixa ou faixas de convergência à esquerda exclusivas devem ser designadas como um grupo de faixas separado. O mesmo deve ser seguido para convergência à direita exclusiva.
  - b) Em aproximações com faixas de convergência à esquerda e/ou à direita, todas as outras faixas devem ser geralmente incluídas em um grupo de faixas único.
  - c) Onde uma aproximação com mais de uma faixa incluir uma faixa que possa ser usada para ambos veículos de convergência à esquerda e direito, torna-se necessário

determinar se há condições de equilíbrio na utilização de faixas, ou se há mais convergências à esquerda, o que indica que a faixa essencialmente atua como uma faixa de convergência à esquerda. Esta verificação de equilíbrio já foi mencionada anteriormente, e só depois dessa verificação é que se determina o grupo de faixas.

### 3. *Módulo da Taxa de Fluxo de Saturação*

O formulário do Módulo da Taxa de Fluxo de Saturação é mostrado na figura 4.3.

As descrições dos grupos de faixas são repetidas na coluna 2 do formulário. A taxa "ideal" de fluxo de saturação será tomada como o valor usual de 1800 carro-passeio por hora de verde por faixa (1800 cp/hv/pf). As colunas que seguem contêm os números de faixa num grupo de faixas e todos os ajustamentos para a taxa "ideal" de fluxo de saturação, como segue:

1. *Número de faixas*: os grupos de faixas das aproximações Leste e Oeste têm duas faixas. Os grupos de faixas das aproximações Norte e Sul têm uma faixa.

2. *Fator de largura de faixa*: este fator é selecionado, da tabela 3.4 do item 3.3.2.1 do cap. 3. Para a aproximação Leste com 2,8m de faixa, o que equivale a aproximadamente 9 pés, o valor é 0,90. A aproximação Oeste possui 3,55 m de faixa, o que equivale a aproximadamente 12 pés, o valor é 1,00, e para as aproximações Norte e Sul, ambas com 4,6m de faixa, o que equivale a aproximadamente 15 pés o va

Figura 4.3 - Formulário de ajustamento da taxa de fluxo de saturação.

(1) Aproximação	(2) Movimento do Grupo de faixas	(3) Fluxo de Saturação ideal (cp/hpf) por tempo de verde	(4) Nº de Faixas (N)	FATORES DE AJUSTAMENTO								(13) Taxa de fluxo de saturação ajustada, s, (vph)			
				(5) Largura de Faixas F <sub>w</sub> Tab.3.4	(6) Veículos pesados $k_p$ Tab.3.5	(7) Greide $f_g$ Tab.3.6	(8) Estaciona-mento. f <sub>b</sub> Tab.3.7	(9) Parada de Ônibus f <sub>o</sub> Tab.3.8	(10) Tipo de Área f <sub>A</sub> Tab.3.9	(11) Converg. à direita f <sub>CD</sub> Tab.3.10	(12) Converg. da esquerda f <sub>CE</sub> Tab.3.11				
LESTE		1800	2		0.90	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3175	
OESTE		1800	2		1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.89	3015		
NORTE		1800	1		1.10	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	0.84	1.06	1622		
SUL		1800	1		1.10	0.99	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	0.90	1623		

Fonte: Fig. 9-3, cap. 9 do HCM-85.

lor é 1,10.

Observa-se que para a conversão das medidas das faixas de metros para pés, foi utilizada a seguinte relação: 1 pê = 0,3045 metro.

3. *Fator de veículo pesado*: este fator é encontrado na tabela 3.5 do item 3.3.2.1. Para os 3% de veículos pesados na aproximação Leste da Avenida Canal, o valor é 0.98. Para os 5% de veículos pesados da aproximação Oeste, o valor é 0.97. A aproximação Norte possui um percentual de veículos pesados próximo de zero, o valor é 1.00. E para a aproximação Sul que contém 2% de veículos pesados, o valor é 0.99.

4. *Fator de Greide*: é selecionado da tabela 3.6 item 3.3.2.1. Todos os valores são 1.00 pois os greides são 0% para todas as aproximações.

5. *Fator de Estacionamento*: é encontrado na Tabela 3.7 do item 3.3.2.1. Todos os valores são 1.00 pois não há faixa de estacionamento em qualquer aproximação.

6. *Fator de bloqueio por ônibus*: este fator é tomado da tabela 3.8 do item 3.3.2.1. Como não há ônibus nas aproximações Leste e Oeste, o valor do fator é 1.00. Para a aproximação Norte que tem 17 paradas de ônibus por hora, o valor é 0.92 e para a aproximação Sul que tem 24 paradas de ônibus por hora, o valor é 0.92.

7. *Fator do tipo de área*: este fator é retirado da ta

bela 3.9 do ítem 3.3.2.1, e é 1.00, pois a interseção está localizada numa área residencial, logo se encaixando no segundo caso (outras) da tabela.

8. *Fator de convergência à direita:* este fator é retirado da tabela 3.10, ítem 3.3.2.1. A convergência à direita da aproximação Leste, na Avenida Canal é tolerada e está em faixa dividida, sendo o caso 5, e portanto o valor do fator é 1.00. A aproximação Oeste tem uma convergência à direita em faixa dividida com fase protegida, sendo o caso 4, logo o valor do fator é 0.97. A aproximação Norte tem uma convergência à direita, também, com fase protegida e faixa dividida, sendo neste caso o valor igual a 0.84. A aproximação Sul tem uma convergência à direita em faixa dividida e com faseamento tolerado, sendo o caso 5, e portanto o valor do fator é 1.00.

9. *Fator de convergência à esquerda:* este fator é retirado da tabela 3.11, do ítem 3.3.2.1. Na aproximação Leste a convergência à esquerda está em faixa dividida com faseamento protegido, logo  $f_{CE}$  é dado pela fórmula  $= 1.0 / (1.0 + 0.05P_{CE})$  da tabela 3.11, sendo  $P_{CE} = 0.02$ ,  $f_{CE} \approx 1.00$ . A aproximação Oeste tem uma convergência à esquerda em faixa dividida com faseamento tolerado e as aproximações Norte e Sul são aproximações com uma faixa simples, os dois casos, seguindo a tabela 3.11, necessitam de um procedimento especial, um formulário que é mostrado na figura 4.4 para o cálculo do fator de convergência à esquerda das três aproximações.

*Formulário Suplementar para o Cálculo do Fator de Ajuste*

Figura 4.4 - Formulário suplementar para o fator de ajustamento de convergência esquerda,  $f_{CE}$

Dados de Entrada	Leste	Oeste	Norte	Sul
Comprimento do ciclo, C, (seg)		75	75	75
Tempo de verde efetivo, g, (seg)		48	19	19
Número de faixa, N		2	1	1
Taxa de fluxo total da aproximação, $v_a$ (vph)		301	198	126
Taxa de fluxo da linha principal, $v_p$ (vph)		301	177	92
Taxa de fluxo de conv. a esquerda, $V_{CE}$ (vph)		17	21	34
Proporção de conv. a esq., $P_{CE}$		0.06	0.11	0.27
Faixas opostas, $N_o$		2	1	1
Taxa de fluxo oposto, $V_o$ (vph)		743	92	177
Prop. Conv. a esq. vol. $P_{ceo}$		0.02	0.27	0.11
Cálculos	Leste	Oeste	Norte	Sul
$S_{op} = \frac{1800 N_o}{1 + P_{CEO} \left[ \frac{400 + V_p}{1400 - V_p} \right]}$		3555	1597	1729
$Y_o = V_o / S_{op}$		0.209	0.058	0.102
$g_u = (g - C Y_o) / (1 - Y_o)$		40.9	15.9	12.6
$E = (875 - 0,625 V_o) / 1000$		0.411	0.818	0.764
$P_E = P_{CE} + 1 + \left[ \frac{(N-1)g}{f_E g_u + 4,5} \right]$		0.20	0.11	0.27
$g_q = g - g_u$		7.1	3.1	6.4
$P_T = 1 - P_E$		0.80	0.89	0.73
$g_f = 2 \frac{P_T}{P_E} [1 - P_T^{0,5} g_q]$		4.38	2.67	3.43
$H_C = 1800 / (1400 - V_o)$		2.64	1.38	1.47
$f_m = \frac{g_f}{g} + \frac{g_u}{g} \frac{1}{[(1+P_E)(E_C-1)]} + \frac{2}{g} (1+P_E)$		0.783	1.06	0.90
$f_{CE} = (f_m + (N-1)) / N$		0.89	1.06	0.90

Fonte: Fig. 9-4, cap. 9 do HCM-85.



tamento de Convergência à Esquerda,  $f_{CE}$ .

A parte superior do formulário contém as variáveis que são utilizadas nas equações para a determinação do fator de ajustamento de convergência à esquerda, que são as seguintes:

$C$  = comprimento do ciclo, em segundos;

$g$  = tempo de verde efetivo, em segundos;

$N$  = o nº de faixas da aproximação;

$v_g$  = taxa de fluxo do grupo de faixas da aproximação, em vph;

$v_p$  = taxa de fluxo da linha principal, em vph.

Observa-se que quando for uma aproximação de faixa exclusiva, o fluxo de convergência à esquerda será descontado ao se calcular o fluxo da linha principal e os fluxos opostos, e quando, também, forem de aproximações com faixa única serão descontadas as convergências à esquerda. Quando os fluxos opostos forem de aproximações de faixas múltiplas as convergências exclusivas devem ser descontadas.

$v_{CE}$  = taxa de fluxo de convergência à esquerda, em vph;

$P_{CE}$  = proporção de convergência à esquerda no grupo de faixas;

$N_o$  = número de faixas opostas do fluxo da linha principal da aproximação ou grupo de faixas;

$v_o$  = taxa de fluxo oposto descontando as convergências à esquerda feitas de faixa única ou exclusiva, em vph;

$P_{CEO}$  = proporção de convergência à esquerda no volume oposto.

Todas estas variáveis são selecionadas dos formulários anteriores.

Na parte inferior utiliza-se as equações para a deter-

minação do fator de ajustamento de convergência à esquerda.

As seguintes equações são utilizadas:

$$1) \quad S_{op} = \frac{1800 N_o}{1 + P_{CEO} \left[ \frac{400 + v_p}{1400 - v_p} \right]}$$

$S_{op}$  = taxa de fluxo de saturação da aproximação oposta, em vph por tempo de verde,  
para aproximação Oeste:

$$S_{op} = \frac{1800 \times 2}{1 + 0.02 \left[ \frac{400 + 301}{1400 - 301} \right]} = 3555 \text{ vph}$$

para a aproximação Norte:

$$S_{op} = \frac{1800 \times 1}{1 + 0.27 \left[ \frac{400 + 177}{1400 - 177} \right]} = 1597 \text{ vph}$$

para a aproximação Sul:

$$S_{op} = \frac{1800 \times 1}{1 + 0.11 \left[ \frac{400 + 92}{1400 - 92} \right]} = 1729 \text{ vph}$$

$$2) \quad Y_o = v_o / S_{op}, \text{ onde}$$

$Y_o$  = taxa de fluxo da aproximação oposta.

para a aproximação Oeste:

$$Y_o = 743/3555 = 0.209$$

para a aproximação Norte:

$$Y_o = 92/1597 = 0.058$$

para a aproximação Sul:

$$Y_o = 177/1729 = 0.102$$

$$3) g_u = (g - C Y_o)/(1 - Y_o), \text{ onde}$$

$g_u$  = porção da fase de verde que não é bloqueada pela fila oposta de veículos.

para a aproximação Oeste:

$$g_u = (48 - 75 \times 0.209)/(1 - 0.209) = 40.9s$$

para a aproximação Norte:

$$g_u = (19 - 75 \times 0.058)/(1 - 0.058) = 15.9s$$

para a aproximação Sul:

$$g_u = (19 - 75 \times 0.102)/(1 - 0.102) = 12.6s$$

$$4) f_E = (875 - 0.625 V_o)/1000, \text{ onde}$$

$f_E$  = fator de saturação de convergência à esquerda.

para a aproximação Oeste:

$$f_E = (875 - 0.625 \times 743)/1000 = 0.411$$

para a aproximação Norte:

$$f_E = (875 - 0.625 \times 92) / 1000 = 0.818$$

para a aproximação Sul:

$$f_E = (875 - 0.625 \times 177) / 1000 = 0.764$$

$$5) P_E = P_{CE} \left[ 1 + \frac{(N-1)g}{f_E g_u + 4,5} \right], \text{ onde}$$

$P_E$  = proporção de fluxo de convergência à esquerda na faixa dividida.

para a aproximação Oeste:

$$P_E = 0.06 \left[ 1 + \left[ \frac{(2-1)48}{0.411 \times 40,9 + 4,5} \right] \right] = 0.20$$

para a aproximação Norte:

$$P_E = 0.11 \left[ 1 + \left[ \frac{(1-1)19}{0.818 \times 15,9 + 4,5} \right] \right] = 0.11$$

para a aproximação Sul:

$$P_E = 0.27 \left[ 1 + \left[ \frac{(1-1)19}{0.764 \times 12,6 + 4,5} \right] \right] = 0.27$$

$$6) g_q = g - g_u, \text{ onde}$$

$g_q$  = porção da fase verde bloqueada pela fila oposta.

para a aproximação Oeste:

$$g_q = 48 - 40,9 = 7,1s$$

para a aproximação Norte:

$$g_q = 19 - 15,9 = 3,1s$$

para a aproximação Sul:

$$g_q = 19 - 12,6 = 6,4s$$

$$7) P_T = 1 - P_E, \text{ onde}$$

$P_T$  = proporção de fluxo direto na faixa dividida.

para a aproximação Oeste:

$$P_T = 1 - 0,20 = 0,80$$

para a aproximação Norte:

$$P_T = 1 - 0,11 = 0,89$$

para a aproximação Sul:

$$P_T = 1 - 0,27 = 0,73$$

$$8) g_f = 2 \frac{P_T}{P_E} [1 - P_T^{0,5g_q}], \text{ onde}$$

$g_f$  = duração da fase de verde durante a qual os veículos do movimento direto se movem na faixa dividida até o veículo de convergência à

esquerda chegar.

para a aproximação Oeste:

$$g_f = 2 \frac{0.80}{0.20} \left[ 1 - 0.80^{0,5 \times 7,1} \right] = 4,38s$$

para a aproximação Norte:

$$g_f = 2 \frac{0.89}{0.11} \left[ 1 - 0.89^{0,5 \times 3,1} \right] = 2,67s$$

para a aproximação Sul:

$$g_f = 2 \frac{0.73}{0.27} \left[ 1 - 0.73^{0,5 \times 6,4} \right] = 3,43s$$

9)  $E_C = 1800 / (1400 - V_0)$ , onde

$E_C$  = porção de verde quando o fluxo oposto não está saturado, então  $E_C$  é a equivalência de veículos de movimento direto aproximada em relação às convergências à esquerda opostas.

para a aproximação Oeste:

$$E_C = 1800 / (1400 - 743) = 2,64s$$

para a aproximação Norte:

$$E_C = 1800 / (1400 - 92) = 1,38s$$

para a aproximação Sul:

$$E_C = 1800 / (1400 - 177) = 1,47s$$

$$10) f_m = \frac{g_f}{g} + \frac{g_u}{g} \left[ \frac{1}{1+P_E(E_C - 1)} \right] + \frac{2}{g}(1+P_E), \text{ onde}$$

$f_m$  = fator de convergência à esquerda para uma faixa dividida ou exclusiva.

Observa-se que no caso de aproximação de faixa única:  $f_m = f_{CE}$

para a aproximação Oeste:

$$f_m = \frac{4,38}{48} + \frac{40,9}{48} \left[ \frac{1}{1+0,20(2,64-1)} \right] + \frac{2}{48}(1+0,20) =$$

$$= 0,783$$

para a aproximação Norte:

$$f_m = \frac{2,67}{19} + \frac{15,9}{19} \left[ \frac{1}{1+0,11(1,38-1)} \right] + \frac{2}{19}(1+0,11) =$$

$$= 1,061$$

para a aproximação Sul:

$$f_m = \frac{3,43}{19} + \frac{12,6}{19} \left[ \frac{1}{1+0,27(1,47-1)} \right] + \frac{2}{19}(1+0,27) =$$

$$= 0,90$$

$$11) f_{CE} = (f_m + N - 1)/N, \text{ onde}$$

$f_{CE}$  = fator de convergência à esquerda.

para a aproximação Oeste:

$$f_{CE} = (0,783 + 2 - 1) / 2 = 0,89$$

para a aproximação Norte:

$$\text{faixa \u00fanica, } f_{CE} = f_m, \text{ portanto } f_{CE} = 1,06$$

para a aproxima\u00e7\u00e3o Sul:

$$\text{faixa \u00fanica, } f_{CE} = f_m, \text{ portanto, } f_{CE} = 0,90$$

Sendo assim, tem-se um fator de converg\u00eancia \u00e0 esquerda para a aproxima\u00e7\u00e3o Oeste igual a 0,89, para a aproxima\u00e7\u00e3o Norte igual a 1,06 e para a aproxima\u00e7\u00e3o Sul igual a 0,90.

A taxa de fluxo de satura\u00e7\u00e3o "ideal" \u00e9 multiplicada pelo n\u00famero de faixas do grupo de faixas e por todos os fatores de ajustamento, tendo assim, as taxas de fluxo de satura\u00e7\u00e3o ajustadas para as condi\u00e7\u00f5es prevalentes da interse\u00e7\u00e3o que s\u00e3o mostradas na \u00faltima coluna do formul\u00e1rio da figura 4.3.

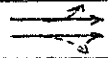
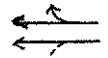
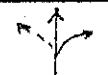
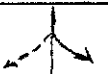
#### 4. *M\u00f3dulo da An\u00e1lise de Capacidade*

O formul\u00e1rio deste m\u00f3dulo \u00e9 apresentado na figura 4.5.

As descri\u00e7\u00f5es do grupo de faixas s\u00e3o repetidas na coluna 2 do formul\u00e1rio. Nas duas colunas subsequentes, o fluxo ajustado para cada grupo de faixas \u00e9 colocado como estava no formul\u00e1rio de ajustamento de volume (figura 4.2) e a taxa de fluxo de satura\u00e7\u00e3o \u00e9 colocada como estava no formul\u00e1rio da taxa de fluxo de satura\u00e7\u00e3o (figura 4.3). Desses va



Figura 4.5 - Formulário de análise de capacidade.

GRUPO DE FAIXAS		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(1) Aproximação.	(2) Movimento do grupo de faixas	Taxa de fluxo ajustada, v, (vph)	Taxa de fluxo saturação ajustada, s (vph)	Taxa de fluxo v/s (3) ÷ (4)	taxa de verde g/C	Capacidade do grupo de faixas, c, (vph) (4) x (6)	Taxa v/c (3) ÷ (7)	Grupo de faixas crítica
LESTE		780	3175	0.250	0.640	2032	0.38	✓
OESTE		316	3015	0.105	0.640	1930	0.16	
NORTE		198	1815	0.109	0.253	459	0.43	✓
SUL		126	1623	0.078	0.253	411	0.51	

Comprimento do ciclo, C 75 seg  $\sum_i (v/s)_i = \underline{0.36}$

Tempo perdido por ciclo, L 6 seg.

$$X_c = \frac{\sum_i (v/s)_i \times C}{C - L} = \underline{0.40}$$

Fonte: Fig. 9-5, cap. 9, do HCM-85.

lores, as razões de fluxo,  $v/s$ , são calculadas e colocadas na coluna 5 do formulário da figura 4.5.

Neste ponto, procuram-se os grupos de faixas críticos. Para a Avenida Canal, nas aproximações Leste-Oeste, todos os grupos se movem na mesma fase. Assim sendo a razão de fluxo máxima entre os grupos de faixas de Leste-Oeste é a crítica para a primeira fase de sinal. Este valor é a razão 0.250 no grupo de faixas Leste. Para a Rua Arão Lins, ambos os grupos de faixas se movem na mesma fase, e o grupo de faixas crítico é aquele que tem a maior razão de fluxo nas aproximações Norte-Sul. Esta razão é da aproximação Norte, que tem a razão de fluxo de 0.109. Assim sendo, a soma das razões de fluxo críticos é  $0.250 + 0.122 = 0.370$ .

As razões de verde são colocadas na coluna 6 do formulário, e são encontradas dividindo o tempo de verde real para o grupo de faixas pelo comprimento de ciclo. Para este cálculo, supondo-se que o verde efetivo é igual ao verde real:

$$\begin{aligned} g/C \text{ (Avenida Canal)} &= 48/75 = 0.640 \\ g/E \text{ (Rua Arão Lins)} &= 19/75 = 0.253 \end{aligned}$$

As capacidades de grupo de faixas são calculadas multiplicando a razão de verde,  $g/C$ , pela taxa de fluxo de saturação para o grupo de faixas,  $s$ . Finalmente, a razão  $v/c$ , ou seja  $X$ , para cada grupo de faixas é calculada dividindo a taxa de fluxo do grupo de faixas,  $v$ , pela capacidade do grupo de faixas,  $c$ .

Os valores para a interseção são calculados na parte

inferior do formulário. Como o tempo de verde efetivo foi considerado igual ao tempo de verde real, o tempo perdido é tomado como o tempo de intervalo de troca que se supõe ser de 3 segundos por fase. Assim sendo, como comprimento de ciclo é de 75 segundos, com um faseamento bifásico, logo um tempo perdido de 6 segundos, a razão crítica  $v/c$ ,  $X_C$ , é calculada pela seguinte equação 3.28, item 3.3.2.1 (que equivale a equação 9-3 do capítulo 9 do HCM-85):

$$X_C = \sum_i (v/s) \times C / (C - L),$$

onde

$X_C$  = razão crítica  $v/c$  para a interseção;

$\sum v/s$  = soma das razões de fluxo de todos os grupos de faixas críticos ou aproximações,  $i$ .

$C$  = comprimento do ciclo, em segundos;

$L$  = tempo perdido total por ciclo, calculado como a soma do tempo perdido na "partida" e o tempo perdido de intervalo de troca menos a porção de intervalo de troca usado por veículo para cada fase do sinal. Adotado como 6 segundos.


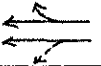
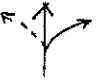
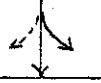
Assim sendo, aplicando na fórmula, obtém-se:

$$X_C = 0.37 \times (75) / (75 - 6) = 0.40$$

##### 5. *Módulo de Nível de Serviço*

O formulário do Módulo de Nível de Serviço é apresentado na figura 4.6. As descrições dos grupos de faixas são

Figura 4.6 - Formulário de nível de serviço

GRUPO DE FAIXAS		DEMORA DO 1º TERMO				DEMORA DO 2º TERMO				DEMORA TOTAL x NÍVEL SERVIÇO		
(1) Aprox.	(2) Movimento do grupo de faixa	(3) Taxa v/c	(4) Taxa de verde g/C	(5) Comp. do ciclo, c. (seg.)	(6) Demora d <sub>1</sub> (seg./veic)	(7) Capacidade do grupo de faixas, c (vph)	(8) Demora d <sub>2</sub> (seg./veic)	(9) Fator de progressão p <sub>p</sub> Tab. 3.13	(10) Demora do grupo de faixas (seg./veic) (6.)x(8.)x(9.)	(11) Nível de Serviço do grupo de faixas, Tab. 3.12	(12) Demora da Aproximação (seg./veic.)	(15) Nível de Serviço da Aprox. Tab. 3.12
LESTE		0.38	0.64	75	5	2032	0	1.00	5.00	A	5.00	A
OESTE		0.16	0.64	75	4	1930	0	1.00	4.00	A	4.00	A
NORTE		0.43	0.253	75	18	459	0	1.00	18.00	C	18.00	C
SUL		0.31	0.253	75	17	411	0	1.00	17.00	C	17.00	C

Demora da interseção 8 seg/veic.

Nível de serviço da interseção B (Tab. 9-1)

Fonte: Fig. 9-6, cap. 9 do HCM-85.

colocadas na coluna 2.

Os valores X, g/C, C e c são colocados nas colunas apropriadas, pois são necessários para calcular as demoras. São obtidos do formulário da análise de capacidade.

A demora do primeiro termo é calculada do primeiro termo da equação de demora 3.50 do item 3.3.2.1 (que equivale a equação 9-18 do capítulo 9 do HCM-85):

$$d = 0.38C(1-g/C)^2/[1-g/C X] + 173X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + 16X/c}]$$

$d_1$  = demora do primeiro termo: é calculado do primeiro termo da equação 3.30.

para a aproximação Leste:

$$d_1 = 0.38 \times 75 (1-0.640)^2/[1-0.640 \times 0.38] = 4,88s = 5 \text{ segundos}$$

para a aproximação Oeste:

$$d_1 = 0.38 \times 75 (1-0.640)^2/[1-0.640 \times 0.16] = 4 \text{ segundos}$$

para a aproximação Norte:

$$d_1 = 0.38 \times 75 (1-0.253)^2/[1-0.253 \times 0.48] = 18 \text{ segundos}$$

para a aproximação Sul:

$$d_1 = 0.38 \times 75 (1-0.253)^2/[1-0.253 \times 0.31] = 17 \text{ segundos}$$

A demora do segundo termo é calculada do segundo termo da equação 3.30 do item 3.3.2.1 (que equivale a equação 9-18 do capítulo 9 do HCM-85):

$$d_2 = 173 X^2 \left[ (X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16 X/c)} \right]$$

$d_2$  = demora do segundo termo:

para a aproximação Leste:

$$\begin{aligned} d_2 &= 173 \times 0.38^2 \left[ (0.38-1) + \sqrt{(0.38-1)^2 + (16 \times 0.38)/2052} \right] = \\ &= 0,060s \end{aligned}$$

para a aproximação Oeste:

$$d_2 = 173 \times 0,16^2 \left[ (0.24-1) + \sqrt{(0.24-1)^2 + (16 \times 0.16)/1930} \right] = 0s$$

para a aproximação Norte:

$$d_2 = 173 \times 0.48^2 \left[ (0,48-1) + \sqrt{(0.48-1)^2 + (16 \times 0.48)/410} \right] = 0.706 s$$

para a aproximação Sul:

$$d_2 = 173 \times 0.31^2 \left[ (0.31-1) + \sqrt{(0.31-1)^2 + (16 \times 0.31)/411} \right] = 0,144s$$

Observa-se que esses valores são praticamente zero, sendo estes os valores colocados nas colunas apropriadas da figura 4.6 no formulário do nível de serviço.

Os fatores de progressão são agora selecionados provenientes da tabela 3.13 do item 3.3.2.1 (equivalente a tabela 9-13 do capítulo 9 do HCM-85). Para todas as aproximações foi adotado o tipo de chegada 3, logo o valor é 1.00 para o tipo de sinal com o tempo pré-fixado.

Observe-se que no manual existe cinco tipos de classi-

ficação de chegadas, e pelo fato de não se saber o tipo de progressão do local, adotou-se o tipo de chegada 3 que é um tipo médio, conforme recomendação da tabela 3.2 do ítem 3.3.2.1 (equivalente a tabela 9-3 do capítulo 9 do Manual).

A demora em cada grupo de faixas é calculada como sendo:

$$\text{Demora} = (d_1 + d_2) \times \text{FP}, \quad \text{onde}$$

FP = fator de progressão, anotado na coluna 9 do formulário.

para a aproximação Leste:

$$\text{Demora} = (5 + 0) \times 1.0 = 5 \text{ seg./veíc.}$$

para a aproximação Oeste:

$$\text{Demora} = (4 + 0) \times 1.0 = 4 \text{ seg./veíc.}$$

para a aproximação Norte:

$$\text{Demora} = (18 + 0) \times 1.0 = 18 \text{ seg./veíc.}$$

para a aproximação Sul:

$$\text{Demora} = (17 + 0) \times 1.0 = 17 \text{ seg./veíc.}$$

A demora total da interseção é calculada dividindo as taxas de fluxo multiplicadas pelas demoras de cada grupo de faixas pela soma dessas mesmas taxas de fluxo.

$$\text{Demora (interseção)} = (780 \times 5) + (316 \times 4) + (198 \times 18) + (126 \times 17) / (780 + 316 + 198 + 126) = 8 \text{ seg./veíc.}$$

Os níveis de serviço são determinados comparando-se os valores do cálculo da demora com os critérios da tabela 3.12 do item 3.3.2.1 (módulo 5) e são apresentados no formulário do nível de serviço nas colunas apropriadas.

#### 4.2.2 - Avaliação dos resultados obtidos

O que se pode verificar, inicialmente, pelas figuras 4.1 e 4.2, é que a aproximação Leste encontra-se mais carregada devido ao fato de possuir um tráfego direto extremamente elevado (592 vph) em relação a segunda aproximação mais carregada (178 vph), isto é importante salientar, visto que o método do HCM-85 enfatiza a acomodação dos maiores volumes da interseção, tendo eles prioridade em resoluções de semaforização e de projetos geométricos para o local.

Devido a aproximação Leste possuir um percentual de veículos bem menor que a aproximação Oeste, e essa última aproximação possuir um faseamento tolerado, segundo a figura 4.3, as duas aproximações apresentam taxas de fluxo de saturação ajustadas com valores bem distantes. Isto, também, se deve ao fato da aproximação Oeste possuir faixas com 3,50m de largura, enquanto que a aproximação Leste possui faixas com 2,80m de largura, logo o fator de ajustamento de largura de faixa da segunda aproximação citada (Leste) é bem menor do que o da primeira. As aproximações Norte e Sul apresentam volumes muito próximos, e no que se refere ao ajustamento da taxa de fluxo de saturação "ideal", ambas possuem quase os mesmos fatores, pois têm a mesma largura de faixa, pequeno percentual de veículos pesados, número de paradas de



ônibus com valores próximos, sendo que, a única diferença é que a aproximação Norte possui convergência à direita protegida e convergência à esquerda tolerada, e a aproximação Sul possui justamente o inverso. Mas, os fatores de ajustamento se contrabalanceiam, o que torna a taxa de fluxo de saturação de ambas muito próximas.

As aproximações Leste-Oeste possuem o mesmo faseamento, logo apresentam a mesma taxa  $g/C$  (taxa de verde efetivo) de acordo com a figura 4.5, sendo esta a única similaridade nos cálculos. As duas aproximações apresentam características de cálculo bem diferentes no que se refere a taxa de fluxo  $v/s$ , a capacidade e taxa  $v/c$ . A aproximação Leste com um fluxo ajustado de 780 vph e uma capacidade de 2032 vph está utilizando apenas 38% de sua capacidade, e com uma taxa de fluxo de saturação de 3175 vph por tempo de verde, está utilizando apenas 25% de sua taxa máxima de fluxo que pode atravessar a interseção, mediante as condições prevalentes, e a mesma possuindo 64% de verde efetivo ao seu dispor. A aproximação Oeste com um fluxo ajustado de 316 vph e uma capacidade de 1930 vph está utilizando apenas 16% de sua capacidade, e com uma taxa de fluxo de saturação de 3015 vph por tempo de verde, está utilizando apenas 11% da taxa máxima de fluxo que pode atravessar a interseção com 64% de verde efetivo ao seu dispor, mediante condições prevalentes.

As aproximações Norte-Sul possuem o mesmo faseamento, logo apresentam a mesma taxa de verde efetivo ( $g/C$ ), e capacidades próximas. A diferença na taxa de fluxo  $v/s$ , também,

não é muito grande, o mesmo acontecendo com a taxa de fluxo ajustada. O que indica que no momento as duas aproximações apresentam comportamento semelhantes. A aproximação Norte, com fluxo ajustado de 198 vph, está utilizando apenas 12% de sua taxa máxima de fluxo que pode atravessar a interseção, mediante as condições prevaletentes da via e do tráfego, com 25% de verde efetivo ao seu dispor, e consequentemente, 48% de sua capacidade sendo utilizada. A aproximação Sul, com um fluxo ajustado de 126 vph, está utilizando 8% de sua taxa máxima de fluxo que pode atravessar a interseção, mediante as condições prevaletentes da via e do tráfego, com 25% de verde efetivo ao seu dispor, e consequentemente, utilizando 31% de sua capacidade.

Os grupos de faixas críticos da interseção são apresentados como sendo o grupo de faixas da aproximação Leste e o grupo de faixa da aproximação Norte, um de cada faseamento.

O resultado da análise de capacidade indica que o projeto geométrico, comprimento de ciclo e plano de fase são adequados ao local (a interseção), com as taxas v/c dos grupos de faixas críticos muito próximos, na aproximação Leste um valor 0,38 e na aproximação Norte um valor 0.48, indicando uma distribuição "proporcional" de alocação de tempo de verde disponível.

Na figura 4.6, o que se verifica é que as aproximações Leste-Oeste apresentam demoras que as classificam dentro de um nível A de operação. Isto ocorre quando a progressão é "extremamente" favorável, e quase todos os veículos

chegam durante a fase de verde. Mas, o que acontece nas aproximações Norte-Sul é que ambas apresentam demoras que as classificam dentro de um nível C de operação, onde as demoras já são consideradas relativamente altas e com um grande número de veículos parando. O que se conclui, é que apesar da preocupação de se acomodar os maiores movimentos que procuram atravessar a interseção, motivo este onde se focaliza o projeto geométrico e sinalização da interseção, e neste caso, se considerar os maiores movimentos, as aproximações Leste-Oeste são as beneficiadas com um tempo de verde efetivo bem maior. Não se deve esquecer que o sinal de tráfego essencialmente aloca tempo entre os movimentos de tráfego conflitantes, e que a forma como este tempo é alocado tem um impacto significativo na operação da interseção e na capacidade da mesma e de suas aproximações. Verifica-se que as aproximações Norte-Sul, apesar de possuírem um fluxo bem menor, apresentam altas demoras.

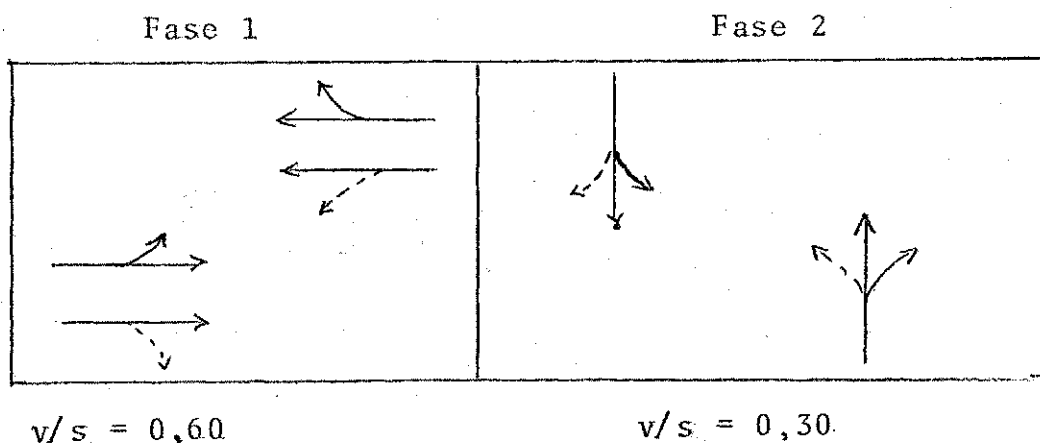
O que se pode sugerir, é um reexame do comprimento do ciclo para as aproximações Norte-Sul, que no caso, pode estar muito longo, e um reexame da alocação do tempo de verde, que em relação a interseção como um todo apresenta-se bem alocado, já que as taxas v/c dos grupos de faixas críticos apresentam-se com valores bem próximos, além disto, a interseção apresenta uma demora de 8 seg./veíc., o que indica uma boa progressão. Mas, em relação as necessidades individuais das aproximações pode estar com alocação de verde muito pequena e/ou muito grande, além de possuir um comprimento de ciclo falho. A adoção de um comprimento de ciclo

e um tempo de verde disponível para as aproximações mais adequado tenderia a melhorar a operação da interseção como um todo.

#### 4.2.3 - Nova solução considerando a avaliação

Baseado nos resultados obtidos do ítem 4.2.2 uma nova solução é proposta para melhorar o desempenho da interseção. Esta solução mantém o controle e o tipo do faseamento do sinal existente e procura redistribuir o fluxo (v/s) existente de uma forma mais proporcional. Os resultados recomendam a adoção de um ciclo mais curto e uma realocação do tempo de verde obedecendo a proporção já existente, que segundo a análise feita está correta.

De acordo com o Apêndice II, supondo o seguinte plano fásico; resguardando as características de fase protegida e fase tolerada já existente no local para determinados movimentos, o faseamento seria:



tempo de amarelo = 3s

tempo perdido no ciclo = 6s

teríamos:

Supondo que a interseção utilizasse toda a capacidade:

$$X_c = 1.0$$

$$C_{\min} = 6 \times 1.0 / [1.0 - (0.6 + 0.30)]$$

$$C_{\min} \approx 65 \text{ seg.}$$

para um amarelo de 3s e tempo perdido de 6s:

$$X_c = (0.6 + 0.30) \times 65 / (65 - 6) = 0.99$$

Sendo:

$$g_i = (v/s)_i \times (C/X_i)$$

$$g_1 = (0.6) \times (65/0.99) = 39s$$

$$g_2 = (0.3) \times (65/0.99) = \frac{20s}{59s}$$


Tempo perdido: 6s

então,  $C \approx 65$  segundos

Os resultados da análise operacional desta proposta de solução encontram-se sequencialmente apresentados nas figuras 4.7 e 4.12. Observe-se que os detalhes do procedimento de cálculo da metodologia estão descritos no item anterior (item 4.2.2).





Como pode ser verificado na figura 4.12, houve uma diminuição substancial na demora das aproximações da via secundária (rua Arão Lins) e, conseqüentemente, um aumento do nível de serviço destas aproximações de C para B, o que cre

Figura 4.7 - Formulário dos dados de entrada.

FORMULÁRIO DOS DADOS DE ENTRADA											
Interseção: <u>Av. Canal e Rua Arão Lins</u>						Data: <u>24.04.90</u>					
Avalista : <u>Maisa Sales Costa</u>			horário: <u>7-8 a.m.</u>			Área: <input type="checkbox"/> ICBD <input checked="" type="checkbox"/> Outras			Nº Projeto: _____		
Local: <u>Recife/PE</u>											
<p>DADOS VOLUMÉTRICOS E GEOMÉTRICOS:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;">  <p>IDENTIFICAR NO DIAGRAMA:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Volumes</li> <li>2. Faixas, largura de faixas</li> <li>3. Movimentos das faixas</li> <li>4. Locais de estacionamento</li> <li>5. Comprimento de bainhas de armazenamento</li> <li>6. Ilhas</li> <li>7. Paradas de ônibus.</li> </ol> </div> <div style="width: 65%;"> </div> </div>											
Condições do Tráfego da Via											
Aproximação	Greide (%)	% VP	Estacionam.		Ônibus (nB)	FHP	Pedestres (por hora)	Rotão p/Pedestres		Tempo de Chegada	
			Sim/Não	Nm				Sim/Não	Tempo mínimo		
Leste	0	3.0	Não	0	0	0.87	50	Não	9,8 s	3	
Oeste	0	5.0	Não	0	0	0.76	50	Não	9,3 s	3	
Norte	0	0.7	Não	0	17	0.77	50	Não	9,7 s	3	
Sul	0	2.0	Não	0	24	0.85	50	Não	9,7 s	3	
Nível: + p/cima; -p/baixo; Vr: Veículo pesado (+4 rodas); Nm: nº manobras de estacionamento, NB : paradas de onibus no local; FHP: fator hora de pico.											
FASEAMENTO											
DIAGRAMA											
	G = 39 Y+R = 26	G = 20 Y+R = 45	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	
Fixo ou Atualizado	F	F									
G = verde			Y = amarelo				R = vermelho				
Simbologia do faseamento											
convergências protegidas convergências toleradas pedestres						Comprimento do Ciclo: <u>65</u> seg.					





Fonte: Fig. 9-1, cap. 9 do HCM-85.

Figura 4.8 - Formulário de ajustamento do volume.

(1) Aproximação.	(2) Movimento do Grupo de faixas	(3) Volume por movimento (vph)	(4) Fator hora de pico (FHP)	(5) Taxa de Fluxo, $v_p$ (vph) (3) ÷ (4)	(6) Grupo de Faixas	(7) Taxa de Fluxo no grupo de faixas (vph)	(8) Nº de faixas (N)	(9) Fator de Utilização de faixa, Tab. 3.3.	(10) Fluxo ajustado, v (vph) (7) ÷ (9)	(11) Proporção de Convergência à direita e esquerda. $P_{CD}$ e $P_{CE}$
LESTE	Convergências a esquerda	16	0.87	18						
	Direto	592	0.87	680		743	2	1.05	780	0.02 $P_{CE}$ 0.06 $P_{CD}$
	Convergências a direita	39	0.87	45						
OESTE	Convergências a esquerda	13	0.76	17						
	Direto	178	0.76	234		301	2	1.05	316	0.06 $P_{CE}$ 0.17 $P_{CD}$
	Convergências a direita	38	0.76	50						
NORTE	Convergências a esquerda	16	0.77	21						
	Direto	89	0.77	115		198	1	1.00	198	0.11 $P_{CE}$ 0.31 $P_{CD}$
	Convergências a direita	48	0.77	62						
SUL	Convergências a esquerda	29	0.85	34						
	Direto	71	0.85	84		126	1	1.00	126	0.27 $P_{CE}$ 0.06 $P_{CD}$
	Convergências a direita	07	0.85	08						

Fonte: Fig. 9-2, cap. 9 do HCM-85.

Figura 4.9 - Formulário de ajustamento da taxa de fluxo de saturação.

GRUPO DE FAIXAS		(3) Fluxo de Saturação ideal (cpphpf) por tempo de verde	(4) Nº de Faixas N	FATORES DE AJUSTAMENTO								(13) Taxa de fluxo de Saturação Ajustada s (vph)
(1) Aproximação	(2) Movimento do grupo de faixas			(5) Largura de Faixas $f_w$ Tab.3.4	(6) Veículos pesados $f_{vp}$ Tab.3.5	(7) Greide $f_g$ Tab.3.6	(8) Estacionamento. $f_e$ Tab.3.7	(9) Parada de Ônibus $f_{PO}$ Tab.3.8	(10) Tipo de Área $f_E$ Tab.3.9	(11) Converg. à direita $f_{CD}$ Tab.3.10	(12) Converg. à esquerda $f_{CE}$ Tab.3.11	
L E S T E				1800	2	0.90	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
O E S T E		1800	2	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.90	3049
N O R T E		1800	1	1.10	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	0.84	1.06	1622
S U L		1800	1	1.10	0.99	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	0.94	1695

Fonte: Fig. 9-3, cap. 9 do HCM-85.

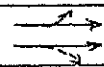
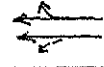




Figura 4.10 - Formulário suplementar para o fator de ajustamento de convergência à esquerda,  $f_{CE}$

DADOS DE ENTRADA	Leste	Oeste	Norte	Sul
Comprimento do ciclo, C, (seg)		65	65	65
Tempo de verde efetivo, g, (seg)		39	20	20
Número de faixas, N		2	11	1
Taxa de fluxo total da aproximação, $v_a$ (vph)		301	198	126
Taxa de fluxo da via principal, $v_p$ (vph)		301	177	92
Taxa de fluxo de conv. a esquerda, $V_{CE}$ (vph)		17	21	34
Proporção de conv. a esquerda, $P_{CE}$		0,06	0,11	0,27
Faixas opostas, No		2	1	1
Taxa de fluxo oposto, $V_o$ (vph)		743	92	177
Prop. conv. à esq. vol. $P_{ceo}$		0,02	0,27	0,11
Cálculos	Leste	Oeste	Norte	Sul
$S_{op} = \frac{1800 N_o}{1 + P_{CID} \left[ \frac{400 + \frac{V_o}{v_p}}{1400 - \frac{V_o}{v_p}} \right]}$		3555	1597	1729
$Y_o = V_o / S_{op}$		0,209	0,058	0,102
$g_u = (g - C Y_o) / (1 - Y_o)$		32,1	17,2	15,0
$f_E = (875 - 0,625 V_o) / 1000$		0,411	0,818	0,764
$P_E = P_{CE} \cdot \left[ 1 + \frac{(N-1)g}{f_E g_u + 4,5} \right]$		0,18	0,11	0,27
$g_q = g - g_u$		6,9	2,8	5,0
$P_T = 1 - P_E$		0,82	0,89	0,73
$g_f = 2 \frac{P_T}{P_E} \left[ 1 - P_T^{0,5} g_q \right]$		4,50	2,44	3,01
$E_C = 1800 / (1400 - V_o)$		2,74	1,38	1,47
$f_m = \frac{g_f}{g} + \frac{g_u}{g} \frac{1}{\left[ (1 + P_E)(E_C - 1) \right]}$		0,802	1,061	0,935
$f_{CE} = (f_m + (N - 1)) / N$		0,90	1,06	0,94

Fonte: Fig.9-4, cap.9 do HCM-85.

Figura 4.11 - Formulário de análise de capacidade.

GRUPO DE FAIXAS		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(1) Aproximação	(2) Movimento do grupo de faixas	Taxa de fluxos ajustada; v, (vph)	Taxa de Fluxo Saturação ajustada, s (vph)	Taxa de fluxo, v/s (3) ÷ (4)	Taxa de verde, g/C	Capacidade do grupo de faixas, c (vph) (4) x (6)	Taxa v/c (3) ÷ (7)	Grupo de faixas crítico
LESTE		780	3175	0.251	0.6	1905	0.41	✓
OESTE		316	3049	0.104	0.6	1829	0.17	
NORTE		198	1622	0.122	0.3	487	0.41	✓
SUL		126	1695	0.074	0.3	509	0.25	

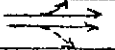
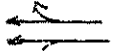


Comprimento do ciclo, C 65 seg.  $\sum \frac{1}{s} (v/s)_i = 0.353$

Tempo perdido do ciclo, L 6 seg.

$$\bar{x}_c = \frac{\sum \frac{1}{s} (v/s)_i \times C}{C - L} = 0.40$$

Fonte: Fig. 9-5, cap. 9 do HCM-85.

Figura 4.12 - Formulário de nível de serviço.

GRUPO DE FAIXAS		DEMORA DO 1º TERMO				DEMORA DO 2º TERMO				DEMORA TOTAL x NÍVEL DE SERVIÇO		
(1) Aproxi-	(2) Movimento do Grupo de faixas	(3) Taxa v/c (X)	(4) Taxa de verde g/C	(5) Comp. do ciclo, c (seg.)	(6) Demora d1 (seg./veic.)	(7) Capacidade do grupo de faixas, c (vph)	(8) Demora d2 (seg./veic.)	(9) Fator de progressão FP Tab. 3.13	(10) Demora do grupo de faixas (seg/veic) (6)x(8)(9)	(11) Nível Serviço do grupo de faixa Tab. 3.12	(12) Demora da Aproximação. (seg/veic.)	(13) Nível de Serviço de Aproximação Tab. 3.12
L E S T E		0.41	0.6	65	5.00	1905	0	1.00	5.00	A	5.00	A
O E S T E		0.17	0.6	65	4.00	1829	0	1.00	4.00	A	4.00	A
N O R T E		0.41	0.3	65	13.00	487	0	1.00	13.00	B	13.00	B
S U L		0.25	0.3	65	13.00	509	0	1.00	13.00	B	13.00	B

Demora da interseção 7 seg/veic.

Nível de Serviço de Interseção B (Tab. 9-1)

Fonte: Fig. 9-6, cap. 9 do HCM-85.

dencia esta solução como uma solução melhor do que a existente para a interseção em estudo. Além disso, outros resultados são relevantes na análise, como a taxa de fluxo de saturação ajustada  $s$  que se mostra consideravelmente maior nessa solução nas aproximações Oeste, Norte e Sul. Isto significa uma maior utilização por parte dos grupos de faixas das aproximações do tempo de verde disponível.

No que diz respeito a capacidade, nas aproximações com movimentos tolerados e de faixa única (Oeste, Norte e Sul) houve um decréscimo na utilização da capacidade pelo volume existente (taxas  $v/c$ ), o que pode significar um diminuição da demanda na corrente do fluxo de tráfego sobrecarregando menos a interseção. Já na aproximação Leste houve um aumento de  $v/c$ , o que não prejudica em nada o desempenho da mesma, por se encontrar desde a solução anterior extremamente beneficiada, isto pode ser verificado no fato de sua demora veicular não ter sequer se alterado nessa nova solução.

#### 4.2.4 - Análise de planejamento utilizando o cenário do estudo de caso.

Uma análise de planejamento será feita para verificar a aceitabilidade da capacidade da interseção para uma condição de demanda de tráfego projetada para o final dos próximos cinco anos. Esta projeção será baseada no percentual de crescimento da frota veicular na área da interseção. Apesar do ideal ser determinar o índice de crescimento da frota veicular na própria interseção, face a inexistência de da



convergência à esquerda: 15

Observa-se que a equação utilizada para a obtenção destas demandas de tráfego projetadas foi de uma função não-linear da forma:  $V_y = V_x(1 + a)^n$ , onde  $V_y$  é a demanda projetada,  $V_x$  a demanda atual,  $a$  é o índice de crescimento e  $n$  o número de anos.

Após a obtenção das demandas projetadas e conhecendo-se o número e uso das faixas de cada aproximação, pode-se efetuar a análise de planejamento.

A análise de planejamento, em termos práticos, inclui o preenchimento de um formulário que está apresentado na figura 4.13, e a utilização de um formulário opcional para determinar a distribuição do volume por faixa, para o caso de faixas divididas por movimentos diretos e de convergência à esquerda com um faseamento tolerado para as convergências, e para aproximações de faixa única. Em geral nos outros casos, é considerada uma distribuição igual entre as faixas do tráfego direto e aloca-se as convergências à esquerda para a faixa mais à esquerda e as convergências à direita para a faixa mais à direita. Este formulário opcional está apresentado na figura 4.14, cujo preenchimento é apresentado no item 3.3.3.2 do capítulo 3.

Na parte superior do formulário da figura 4.13 encontram-se os volumes projetados de cada aproximação e a distribuição de volume calculada para as aproximações Oeste, Norte e Sul. A aproximação Leste possui convergência à esquerda protegida, nesse caso, enquadra-se num caso mais ge

Figura 4.13 - Formulário da análise de planejamento.

FORMULÁRIO DA ANÁLISE DE PLANEJAMENTO			
Interseção: Av. Canal e Rua Arão Lins		Data: 24.04.90	
Analista : Maise Sales Costa		Período de análise : 7-8 a.m.	
Nº Projeto:		Cidade/Estado : Recife/PE	
<p style="text-align: center;">Total Sul</p>	<p style="text-align: center;">Rua Arão Lins</p>	<p style="text-align: center;">Total Oeste</p> <p style="text-align: center;">45 211 15*</p> <p style="text-align: center;">271</p>	
<p style="text-align: center;">Total Leste</p>	<p style="text-align: center;">Total Norte</p>		
<p>CE Leste = 19</p> <p>D Oeste = 150</p> <p>CE Oeste = <math>\frac{169}{15}</math></p> <p>D Leste = <math>\frac{397}{412}</math></p>	<p>CE Norte = 0</p> <p>D Sul = 129</p> <p>CE Sul = <math>\frac{129}{15}</math></p> <p>D Norte = <math>\frac{181}{196}</math></p>	<p>Soma máxima de volumes críticos</p> <p>0 a 1.200</p> <p>1.201 a 1.400</p> <p>&gt; 1.400</p>	<p>Nível Capacidade</p> <p>abaixo</p> <p>próximo</p> <p>acima</p>

Obs.: onde CE é convergência à esquerda e D movimento direto + convergência à direita se existir.

$$\frac{412}{\text{Crítico L/O}} + \frac{196}{\text{Crítico N/S}} = 609$$

Nível de capacidade: abaixo

Fonte: pág. 9-81, cap. 9 do HCM-85.

Figura 4.14 - Formulário suplementar da análise de planejamento para a distribuição do volume por faixa.

Distribuição da faixa para faixas divididas por movimento de convergência à esquerda e direito em uma aproximação de faixas múltiplas com faixas de convergência à esquerda permitida (formulário opcional).										
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Volume oposto $V_o$ (vph)	$CPE_{CE}$	$G_i$ VCE	$CFE_{equivalente\ de\ conv.\ a\ esquerda.}$	Volume Total $(D + CD)$ ***	Total	Nº faixas na aproximação	Volume equivalente por faixas	Veículos direto c/faixas *** CE+D	Volume na faixa CE+D	Volume nas faixas restantes
0 - 199 = 1.0										
200 - 599 = 2.0										<del>3-0-10</del>
600 - 799 = 3.0			(2)x(3)		(4)+(5)		(6)÷(7)	(8)-(4)	(3)+(9)	<del>7-1.0</del>
800 - 999 = 4.0										
≥ 1000 = 5.0										
Aproximação										
L										
E										
S										
T										
E	749	3.0	15	45	256	301	2	151	106	121
O										
E										
S										
T										
E	92	1.1	19	21	163	184	1	184		
N										
O										
R										
T										
E										
S										
U	163	1.1	34	37	92	129	1	129		
L										

- i)  $CFE_{CE}$  = carro-passeio equivalente de convergência à esquerda.  
 ii)  $V_{CE}$  = volume de convergência à esquerda.  
 \* D = movimento direto  
 \*\* CD = movimento de convergência à direita  
 \*\*\* CE = movimento de convergência à esquerda.

Fonte: pág. 9-82, cap. 9 do HCM-85.



ral onde o tráfego direto é distribuído igualmente, a convergência à esquerda é alocada mais à esquerda e a convergência à direita é alocada na faixa mais à direita.

Na parte inferior do formulário da figura 4.13 são de terminados os grupos de faixas críticos das aproximações Leste/Oeste e Norte/Sul. O critério de determinação dos grupos de faixas críticos obedece o que já foi previamente descrito na metodologia do capítulo 3 (item 3.3.3.1) da análise de planejamento. Ainda na parte inferior do formulário encontra-se a tabela 3.15 do item 3.3.3.1 que determina o nível de capacidade que se encontrará a interseção em função da soma dos volumes críticos.

Neste caso os volumes são somados e comparados com a tabela do formulário para se determinar a condição de capacidade da interseção ao final de cinco anos considerando o cenário do estudo de caso proposto no item 4.2.3 deste capítulo.

#### 4.2.5 - Avaliação dos resultados para o ano horizonte.

Admitindo um crescimento anual da demanda de tráfego da interseção de 3,5%, sob as condições sugeridas para a análise de planejamento, verificou-se uma soma total dos fluxos dos grupos críticos de 609 vph, que quando comparado com a tabela contida no formulário da figura 4.13 indica uma demanda de tráfego esperada como abaixo da capacidade da interseção. Neste caso, demoras excessivas não são verificadas.

#### 4.2.6 - Considerações sobre estudos posteriores ao HCM-85

Após a publicação do HCM-85, algumas considerações têm sido feitas aos aspectos críticos de sua análise, propondo mudanças ou simples alterações tais como:

1. Uma taxa de fluxo de saturação de 1600 vph foi recomendada por Stokes, Messer e Stover (1) para as aplicações de planejamento em faixas de convergências à esquerda duplas e nos casos de tráfego misto, nos quais os veículos pesados constituem mais do que 3% - 5% do volume de tráfego de convergência à esquerda.

2. São propostas por Berry (2) critérios de nível de serviço em interseções que devem ser suplementados pelo uso de taxas v/c como segue:

Nível de Serviço	Demora média parada (seg./veíc.)	Taxa (v/c)
A	5	0.9
B	5 - 15	0.9
C	15.1 - 25	0.93
D	25.1 - 40	0.95
E	40.1 - 60	1.00
F	> 60	1.00

3. É sugerido por Bonneson e McCoy (3) o uso da taxa de fluxo ajustada ( $s$ ) no lugar de  $S_{op}$  (taxa de fluxo de saturação do fluxo oposto), parecendo-lhes redundante calcular uma taxa de fluxo de saturação novamente quando um valor mais apropriado já foi calculado.

4. Foi encontrado em 1988, através de investigações feitas por Bonneson, Messer e Fambro (4), que a taxa de fluxo de saturação de convergências calculada pelo HCM-85 é quase sempre menor do que a final após iterações, geralmente 5% mais baixas. É que nas condições próximas a capacidade a solução do HCM-85 superestima a taxa de fluxo de saturação em faixas divididas.

5. Estudos realizados por Levison (5), que analisou os movimentos críticos para fases de convergências à esquerda em faixas divididas, mostraram que o volume de conflito ao longo de uma determinada aproximação é a soma total de convergências à esquerda, tráfego oposto, e mais a proporção de tráfego direto bloqueado na faixa dividida.

Como já foi dito anteriormente no capítulo 2, todos estes estudos ainda são passíveis de muita discussão, mas já possuem um caráter de mudança ou aperfeiçoamento na metodologia do HCM-85 para que a mesma reflita a realidade, e conseqüentemente, possa a vir proporcionar soluções cada vez mais eficientes.

#### 4.2.7 - Avaliação final do estudo de caso

Na avaliação da situação existente, o que pode ser verificado foi o fato das aproximações Leste e Oeste estarem beneficiadas com uma progressão extremamente favorável, enquanto as aproximações Norte e Sul apresentavam níveis de serviços que indicavam demoras relativamente altas, apesar de possuírem um fluxo bem menor. O sugerido foi a adoção de

um ciclo mais curto e uma realocação do tempo de verde obedecendo a proporção existente.

Na avaliação da nova proposta de solução considerando as sugestões feitas na análise operacional anterior, verificou-se uma melhora do nível de serviço das aproximações Norte e Sul, com demoras consideradas como razoáveis, e sem alterar as condições operacionais das aproximações Leste e Oeste. Concluiu-se que esta seria uma melhor solução para o caso.

O estudo de caso foi utilizado como cenário de uma análise de planejamento para a verificação do nível de capacidade da interseção num ano horizonte pré-fixado. Como resultado desta análise observou-se que esta demanda de tráfego projetada para este ano horizonte estaria abaixo da capacidade da interseção.

Como conclusão geral, pode-se dizer que esse estudo de caso é proposto, principalmente, com um caráter bastante didático na resolução da análise proposta pelo HCM-85, procurando através de um exemplo bastante simples mostrar o potencial analítico da mesma. Logicamente casos mais complicados existirão, bastando para isto mudar os parâmetros do cenário no que se refere as condições geométricas e de tráfego. Porém a base analítica será a mesma, bastando apenas que o analista diante de um quadro mais complexo detenhasse mais nos pormenores ou detalhes da própria metodologia.

Na análise do estudo de caso foi sugerida uma solução melhor do que a atual. Porém, devido a própria complexidade da análise do HCM-85, tornou-se difícil determinar manual -

mente como solução outros cenários, pela simples alteração de alguns ou apenas um parâmetro, pois diante de cada alteração seria necessário fazer novos cálculos, implicando uma nova análise, visto a interdependência das variáveis inerente a própria análise. A possibilidade de formulação de novos cenários será viabilizado no capítulo 5 onde é desenvolvido um software para a resolução do HCM-85, o que torna possível a criação de diversos cenários e a sua análise, bem como a procura de uma solução melhor, ou a confirmação da mesma solução apresentada neste capítulo como sendo esta solução melhor.

## 4.3 - Referências Bibliográficas

1. Stokes, Robert W., Messer, Carrol J. e Stover, Vergil G. "Saturation Flows of Exclusive Double Left-Turn Lanes". Transportation Research Record 1091, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1986, p.86.
2. Berry, Donald S. "Using Volume-to-Capacity Ratios to Supplement Delay as Criteria for Levels of Service at Traffic Signals". Transportation Research Record 1112, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1987, p.23-28.
3. Bonneson, James A. e McCoy, Patrick. "Operational Analysis of Exclusive Left-Turn Lanes with Protected/Permitted Phasing". Transportation Research Record 1114, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1987, p.74-85.
4. Bonneson, J.A., Messer, C.J. e Fambro, D.B. "Examination of Shared Lane Operations". Transportation Research Record 1194, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.31-41.
5. Levison, Herbert S. "Critical Movement Analysis for Shared Left-Turn Lanes". Transportation Research Record 1194, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.167-178.

## CAPITULO V

### SOFTWARE PARA A RESOLUÇÃO ANALÍTICA DO HCM-85

#### 5.1 - Introdução

Até então, torna-se evidente a complexidade da metodologia de análise recomendada pelo HCM-85, devido a sua própria filosofia, que consiste em abranger um grande número de aspectos críticos relevantes, que interrelacionados, determinam o desempenho de uma interseção.

Torna-se também, evidente a necessidade de se procurar facilitar a sua aplicação, sendo que, esta preocupação já foi considerada na própria execução do Manual de Capacidade (HCM-85), quando dividiram a metodologia em módulos, porém, há um recurso mais eficaz para diluir este problema e que consiste no uso do computador.

O desenvolvimento de um software para a resolução analítica recomendada pelo HCM-85 parece ser a medida mais aconselhável, visto que, a própria metodologia do Manual de Capacidade (HCM-85) encontra-se distribuída de modo a facilitar a sua execução.

Uma questão a ser discutida é a linguagem de programação a ser utilizada. Na resolução analítica proposta pelo HCM-85, há necessidade de empregar uma linguagem mais estruturada, conseqüentemente, com recursos mais modernos, como por exemplo, a alocação dinâmica de memória. Este recurso será bastante útil no armazenamento dos dados do faseamento do se

mãforo no módulo dos dados de entrada.

Uma das linguagens de propósito geral mais difundidas atualmente, e que tem atendido aos requisitos necessários a execução do software proposto é a linguagem PASCAL, sendo uma linguagem de alto nível e de propósito geral (1), que possui alocação dinâmica de memória, maior estruturação e mais recursos gráficos, algo que é fundamental para a manipulação dos formulários do HCM-85, sendo a mesma utilizada até agora para o desenvolvimento do software. Não querendo dizer, obviamente, que este software não pudesse ser realizado por outras linguagens.

Note que este software será somente para a resolução analítica operacional do HCM-85, visto que, esta resolução pode ser também utilizada para casos de planejamento empregando volumes de demanda projetados. Também, pode-se notar que neste trabalho procurou-se desde o início focalizar as situações mais comuns, portanto, de maior necessidade de atenção, o que pode ser observado pelo próprio fato da escolha de cruzamentos entre os tipos de interseções, por representar o tipo de interseção mais comum contido em área urbana e, em virtude disso, o tipo de análise operacional focalizada é aquela que de posse dos dados geométricos, condições de tráfego e semaforização pode-se determinar a utilização da capacidade e o nível de serviço da interseção. Esse tipo de caso representa a análise mais comumente realizada, e consequentemente, mais utilizada na prática. Para os outros tipos de análise operacional, a própria estrutura da metodologia e a flexibilidade de utilização do software possibilitam adapta-



ções para atender a estes casos.

No item 5.2 é descrito a estrutura básica do sistema de software e todo o seu desenvolvimento, de acordo com a divisão modular proposta pelo HCM-85. Além disto, é acrescentado um espaço para a descrição do módulo de impressão de resultados que emitirá os formulários contidos na metodologia, proporcionando uma melhor qualidade nas saídas dos resultados do sistema, que poderá apresentar os seus resultados impressos em impressoras mais comuns.

O sistema permitirá a adição de formulários, executando os cálculos automaticamente. Permitirá, ainda, a emissão dos formulários editados na impressora e de alguns cálculos particulares, o armazenamento e recuperação do cenário completo da interseção estudada. A este sistema deu-se o nome de Analizador de Cruzamentos Semaforizados, ou simplesmente, ACS.

No item 5.3 é retomado o estudo de caso do capítulo 4 para a execução de sua análise pelo computador, além da proposta, e o teste de diversos cenários na busca de uma solução melhor, o que evidenciará a importância do software, que viabiliza esta procura e a possibilidade de se encontrar soluções mais adequadas.

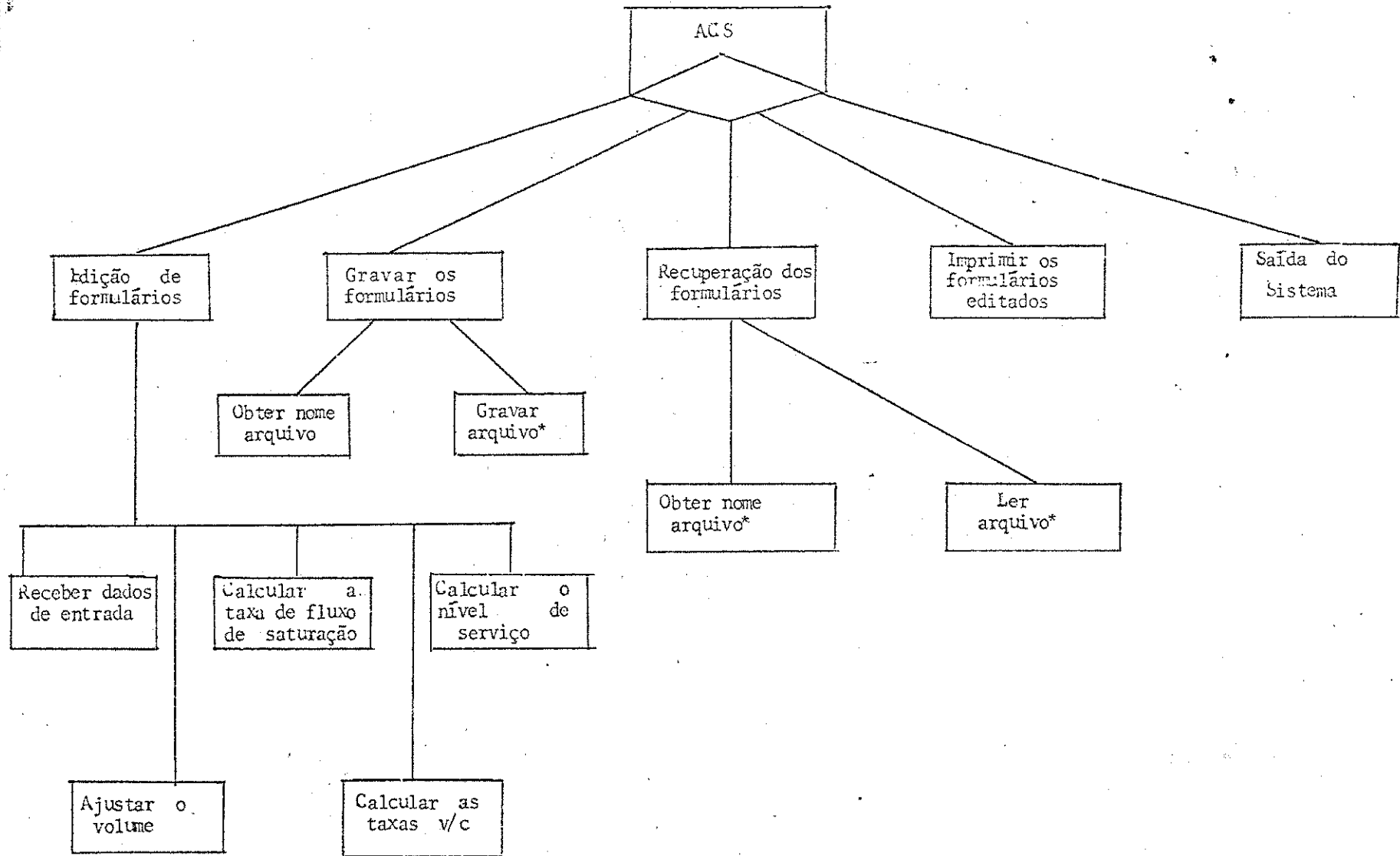
## 5.2 - Desenvolvimento do Software ACS

Os componentes e o funcionamento do sistema de sotwa-re ACS encontram-se apresentados na figura 5.1.

Os sistema possui os seguintes recursos:

1. Editor de formulários: permite entrar e alterar os da

Figura 5.1 - Macro-fluxograma do sistema de software (ACS).



\* Arquivo sequencial onde são gravadas todas as variáveis e matrizes.

dos dos formulários para um determinado cruzamento. Possui os seguintes componentes:

- 1.1. Módulo dos dados de entrada: recebe os dados de entrada pertinentes aos cálculos subsequentes.
- 1.2. Módulo de ajustamento de volume: ajusta os volumes horários para taxas de pico de 15 minutos em função da utilização das faixas pelo grupo de faixas, que também são estabelecidos nesse módulo.
- 1.3. Módulo da taxa de fluxo de saturação: este módulo ajusta a taxa de fluxo de saturação "ideal", atribuída aos grupos de faixas, em função das condições prevalentes.
- 1.4. Módulo da análise de capacidade: calcula a capacidade e as taxas v/c dos grupos de faixas, e para a interseção como um todo.
- 1.5. Módulo de nível de serviço: determina a demora média e o nível de serviço dos grupos de faixas, das aproximações e da interseção como um todo.
2. Gravador de formulários: permite arquivar uma situação completa de um determinado cruzamento em um disco. É constituído de dois processos: a obtenção do nome do arquivo e a gravação do mesmo no disco.
3. Recuperador de formulários: possibilita a recuperação completa de uma situação de um determinado cruzamento, transferindo-a do disco para a memória. É constituído

de dois processos: a obtenção do nome do arquivo a ser resgatado e a leitura do mesmo.

4. Impressor de formulários: permite a impressão dos formulários que estão na memória.
5. Saída do sistema: é simplesmente a confirmação do término do serviço.

Ao entrar no sistema, o usuário terá uma das seguintes opções: (1) editar os formulários, o que significaria a edição dos módulos de dados de entrada, ajustamento de volume, taxa de fluxo de saturação, análise de capacidade e nível de serviço; (2) gravar os formulários, que seria um arquivamento da situação estudada; (3) recuperar formulários, que significaria recuperar algum cenário estudado anteriormente; (4) imprimir os formulários, que significaria a impressão de uma nova situação ou situação anteriormente estudada; (5) e a própria saída do sistema.

A documentação do software ACS, bem como a apresentação do próprio ACS encontram-se dispostos nos Apêndices VII e VIII deste trabalho, sendo que a listagem do mesmo encontra-se resumida.

#### 5.2.1 - Edição de formulários

Na edição de formulários, os procedimentos de execução de cada módulo serão descritos a seguir:

##### 5.2.1.1 - Módulo dos dados de entrada

O procedimento de execução do módulo dos dados de entrada é apresentado na figura 5.2.

Este módulo possui o seu formulário dividido em quatro telas (ver figura 5.3). Inicialmente é exibida em tela dos da

Figura 5.2 - Fluxograma do procedimento de execução do módulo dos dados de entrada.

Módulo dos Dados de Entrada

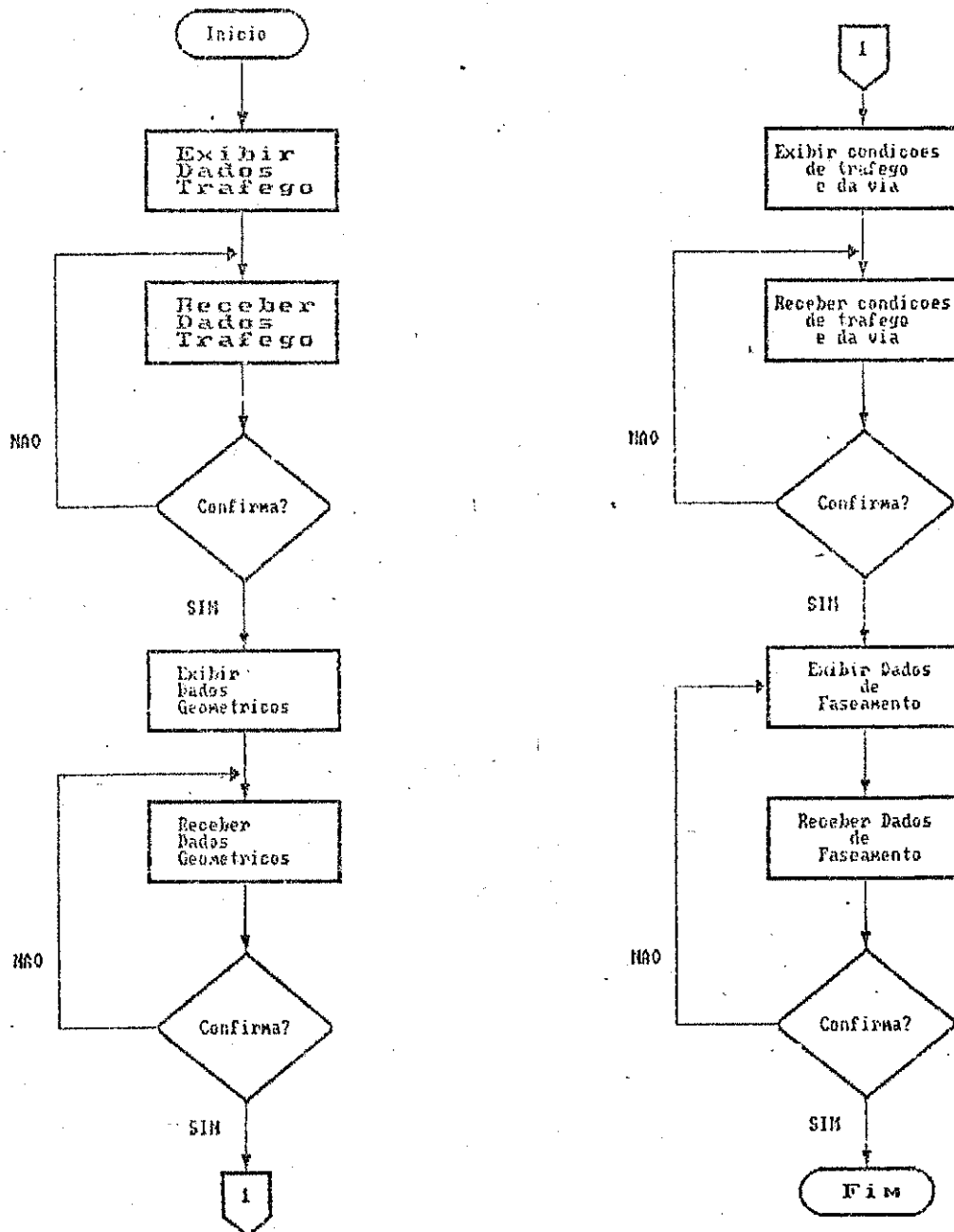


Figura 5.3 - Telas do módulo dos dados de entrada.

Interseção: \_\_\_\_\_ Pto. Tempo: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_  
 Analista: \_\_\_\_\_ Cidade/Estado: \_\_\_\_\_ Tipo de Atividade: \_\_\_\_\_  
 No. Projeto: \_\_\_\_\_

---

**DADOS VOLUMÉTRICOS E GEOMÉTRICOS**  
 nome via N/S: \_\_\_\_\_  
 nome via L/O: \_\_\_\_\_  
 Identifique os volumes no diagrama e número de faixas (n)

total: \_\_\_\_\_  
 volumes: \_\_\_\_\_  
 total: \_\_\_\_\_  
 volumes: \_\_\_\_\_

---

**Formulário de Entrada (Parte 2) : DADOS VOLUMÉTRICOS E GEOMÉTRICOS**

Aprox. das faixas	Largura das faixas	Estacionamento S/N	Estacionamento E/O	baixas de armazenamento S/N	Compr. (m)	Paradas Ônibus (S/N)	Paradas Ônibus (S/O)	Movimentos das faixas
LESTE	0.00			R	0.00			
OESTE	0.00			N	0.00			
NORTE	0.00			R	0.00			
SUL	0.00			N	0.00			

---

**Formulário de Entrada (Parte 3) : CONDIÇÕES DE TRAFEGO E DA VIA**

Aprox. %	Abreida %	Estacionamento Sim/Naç	Estacionamento Nm	Ônibus (NB)	FHP	Pedest. (NB)	Boias Pedest. (S/N)	Temp. min. (S)	Tipo de Chegada
LESTE	0.0	0.0	N	0	0	0	N	0.0	0
OESTE	0.0	0.0	N	0	0	0	N	0.0	0
NORTE	0.0	0.0	N	0	0	0	N	0.0	0
SUL	0.0	0.0	N	0	0	0	N	0.0	0

---

Nível: ... para cima; ... para baixo; VP: Veículo Passado (mais de 4 rodas)  
 Nm: No. de manobras de estacionamento; NB: Paradas de ônibus no local, por hora  
 FHP: Fator de Hora de Pico; Temp. min.: Tempo mínimo de travessia (segundos)

---

**Formulário de Entrada (Parte 4) : DADOS DE FASEAMENTO**

**FASEAMENTO**  
 I = faixas; O = aprox. sul; A = [ ]; R = [ ]; M = aprox. leste; N = aprox. norte

Simbologia do Faseamento:  
 código  
 converg. protegida  
 convers. tolerada  
 pedestres

G = verde; Y = amarelo; R = vermelho  
 TEMPO: G = 0; Y + R = 0

DIÁRIO OU ATUALIZADO (EF) ou (AD) [ ] [ ] [ ]  
 Comprimento do ciclo (C): 0 segundos

dos de tráfego, ou seja, dados volumétricos. Se houver al gum dado anterior proveniente de cálculos já realizados, o mesmo aparecerá na tela, permitindo alterações em valores pa ra refletir um novo cenário. Após o recebimento desses dados, é necessária a confirmação dos mesmos, para assegurar-se de que estão corretos e para dar prosseguimento a edição.

Caso sejam confirmados os dados de tráfego, será exibi da uma nova tela contendo os dados geométricos de um cálculo anterior, se o mesmo houver sido feito. Caso não tenha havi- do nenhum cálculo anterior, a tela de dados geométricos apa- recerá em branco pronta para ser preenchida. Porém, mesmo que tenha havido um cálculo anterior, são permitidas altera ç ões sobre o cenário anterior para refletir o novo cenário. Após o recebimento dos dados geométricos é necessária a con firmação dos mesmos, para assegurar-se de que estão corretos e para dar prosseguimento a edição.

Após a confirmação dos dados geométricos, a tela das condições de tráfego e da via é exibida. Como nos procedimen tos anteriores, se houver sido feito algum cálculo anterior, o mesmo aparecerá na tela permitindo alterações em função de um novo cenário. Caso não haja cálculo anterior a tela apare cerá em branco. Após o recebimento dos dados referentes as condições do tráfego e da via, é necessária a confirmação dos mesmos para assegurar-se de que estão corretos e dar prosse- guimento a edição.

Com a confirmação dos dados de tráfego e da via, a te- la do faseamento é exibida para o recebimento dos dados de cada fase. Note que cada tela do faseamento corresponderá

aos dados de cada fase, assim, se existirem 3 fases serão então 3 telas. Após o recebimento dos dados das fases, o módulo é encerrado.

No preenchimento das telas desse módulo algumas considerações devem ser feitas, de acordo com a figura 5.3:

1. *Tela dos dados volumétricos e geométricos (Parte 1):* esta tela recebe os volumes de cada aproximação e o número de faixas das mesmas.

2. *Tela dos dados volumétricos e geométricos (Parte 2):* esta tela recebe os seguintes dados:

2.1. *largura das faixas:* neste espaço de largura de faixa são reservados três campos em cada retângulo de cada aproximação, para receber a largura das faixas de convergência à esquerda, movimento direto e convergência à direita.

2.2. *estacionamento:* é verificado se há estacionamento através de um "sim" ou "não" (S/N), e caso haja, é indicado através de um E (lado esquerdo) e D (lado direito) o lado onde se localiza o estacionamento.

2.3. *bainhas de armazenamento:* é verificado através de um "sim" ou "não" (S/N) se há bainha de armazenamento, se houver, é reservado um espaço ao lado (compr. (m)) para anotar o seu comprimento.

2.4. *ilhas:* é verificada a existência de ilhas através de um "sim" ou "não" (S/N).

2.5. *parada de ônibus:* é verificada a existência de paradas de ônibus próximas ao cruzamento, com (S/N).

2.6. *movimentos das faixas:* são identificados os movimentos das faixas de cada aproximação e o tipo de cada um.



desses movimentos. Se P, significa convergência protegida. Se B, significa convergência tolerada. Se T, significa travessia de pedestres. Se D, significa movimento direto, e (.), significa que não há movimento na faixa.

3. *Tela de condições de tráfego e da via:* são anotados os seguintes dados:

3.1. *greides de aproximações.*

3.2. *percentual de veículos pesados.*

3.3. *estacionamento:* caso exista, é anotado o número de manobras por hora.

3.4. *ônibus:* caso exista, é anotado o número de manobras por hora.

3.5. *FHP (fator hora de pico):* são anotados para cada aproximação.

3.6. *pedestres:* é anotado o número de pedestres por hora em cada aproximação.

3.7. *botão para pedestres:* caso exista, deve-se anotar o tempo mínimo para o pedestre atravessar. Se não houver botão para pedestres, esse tempo terá que ser calculado. Aparecerá na tela uma janela que perguntará os valores das variáveis  $d$  (maior distância a ser atravessada pelo pedestre) e  $T$  (intervalo de troca) que compõem a equação 3.5 ( $G_p$ ) do item 3.3.2.1 para o cálculo de travessia de pedestres. Este cálculo será feito internamente e será colocado o valor de  $G_p$  no seu local apropriado na tela.

3.8. *tipo de chegada:* o tipo de chegada do pelotão em cada aproximação (que varia de 1-5, conforme item 3.3.2.1) deve ser anotado. É apresentada uma janela perguntando se o

tipo de chegada será adotado (a) ou calculado (c). Se for adotado, será o tipo de chegada 3, conforme tabela 3.2 do item 3.3.2.1. Se for calculado, haverá necessidade de se entrar com os valores de PTG (percentual de todos os veículos em movimento que chegam durante a fase de verde) e PVG (é o percentual do ciclo que é verde para o movimento) para se calcular  $R_p$ , que por sua vez, está relacionado a um tipo de chegada através da tabela que se encontra interna no procedimento.

4. *Tela dos dados do faseamento*: esta tela receberá os dados de cada fase ou sub-fase individualmente, ou seja, se houver três fases terão que existir três telas correspondentes. Além dos movimentos permitidos ou tolerados em cada fase ou sub-fase, obedecendo a simbologia dessa própria tela, anota-se o tempo de verde e amarelo mais vermelho de cada fase ou sub-fase, e o comprimento do ciclo sinal e, a indicação se ele é do tipo fixo (F) ou atualizado (A).

Quando a edição das fases estiver terminada, pressionase a tecla ESC (contida no teclado) para finalizar a edição.

#### 5.2.1.2 - Módulo de ajustamento de volume

O procedimento de execução desse módulo é apresentado na figura 5.4.

Este módulo possui o seu formulário dividido em quatro telas (ver fig. 5.5). Inicialmente é exibida a tela para a aproximação Leste, sendo seguida pela aproximação Oeste, depois a

Figura 5.4 - Fluxograma do procedimento de execução do módulo de ajustamento de volume.

Modulo de Ajustamento de Volume

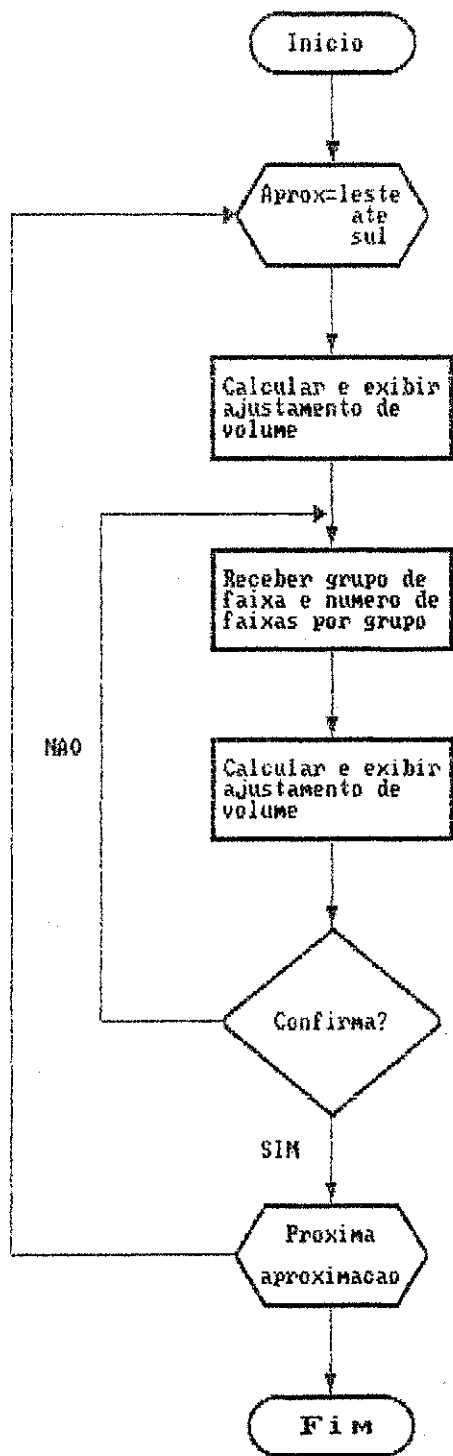


Figura 5.5 - Telas do módulo de ajustamento de volume.

Formulario de Ajustamento de Volume

A	Volumen	Fator	Taxa	Taxa	Fator	Proporcao				
P	por	Hora	Fluxo	Grupo	Fluxo	Numero	Utili-	Fluxo	(Conv. Dir.	
r	Novim.	Novim.	Pico	Vp	Faixa	Ino GF	Faixas	izacao	Ajusto	de Esquerda
o	(vph)	(FHP)	(vph)	(GF)	Vs-	N	U	V (vph)	PCE e PCD	
x					(vph)					
	Conv. Esq.	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	0.00
L										
E	D									0.00 PCE
S	R	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	
T	E									0.00 PCD
E	T									
	Conv. Dir.	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	0.00
	Conv. Esq.	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	0.00
O										
E	D									0.00 PCE
S	R	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	
T	E									0.00 PCD
E	T									
	Conv. Dir.	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	0.00
	Conv. Esq.	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	0.00
N										
O	D									0.00 PCE
R	R	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	
T	E									0.00 PCD
E	T									
	Conv. Dir.	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	0.00
	Conv. Esq.	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	0.00
S										
U	D									0.00 PCE
L	R	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	
	E									0.00 PCD
	T									
	O									
	Conv. Dir.	0	0.00	0	.	0	0	0.00	0	0.00

aproximação: Norte, e finalmente, a aproximação Sul. Em cada uma das telas haverá procedimento de cálculo semelhante, que será o seguinte:

1. são recebidos do módulo anterior os volumes dos movimentos de cada aproximação e o fator hora de pico das mesmas. Logo em seguida, em função de FHP esses volumes são convertidos em taxas de fluxo para um período de pico de 15 minutos, sendo este cálculo feito internamente e já aparecendo na tela os valores das taxas para cada movimento de cada aproximação.

2. após isso, o usuário em função de critérios pré-estabelecidos na metodologia estabelece os grupos de faixas, cujos movimentos e seus tipos em cada grupo de faixas serão representados em coluna correspondente através de teclas de edição.

3. com a determinação dos grupos de faixas, o sistema recebe o número de faixas para aquele grupo de faixas do módulo anterior, e com o número de faixas é pesquisado em tabela interna ao procedimento o fator de utilização, que é colocado em coluna correspondente no formulário da tela.

4. com o fator de utilização tem-se condições de calcular o fluxo ajustado de cada grupo de faixas.

5. e finalmente, é calculado o percentual de convergências, sendo colocados na última coluna do formulário da tela.

Observe-se que todos os cálculos são feitos internamente e que a única atitude que será tomada pelo usuário será o estabelecimento dos grupos de faixas. Nesso módulo os cálculos são bastante simples não havendo necessidade de exposição.

As telas de cada uma das aproximações que compõem o formulário do módulo de ajustamento de volume encontram-se na figura 5.5.

Após a exibição de cada tela será necessária a confirmação da mesma para a verificação por parte do usuário da correção e para dar prosseguimento a edição.

#### 5.2.1.3- Módulo da taxa de fluxo de saturação

O procedimento de execução desse módulo é apresentado na figura 5.6.

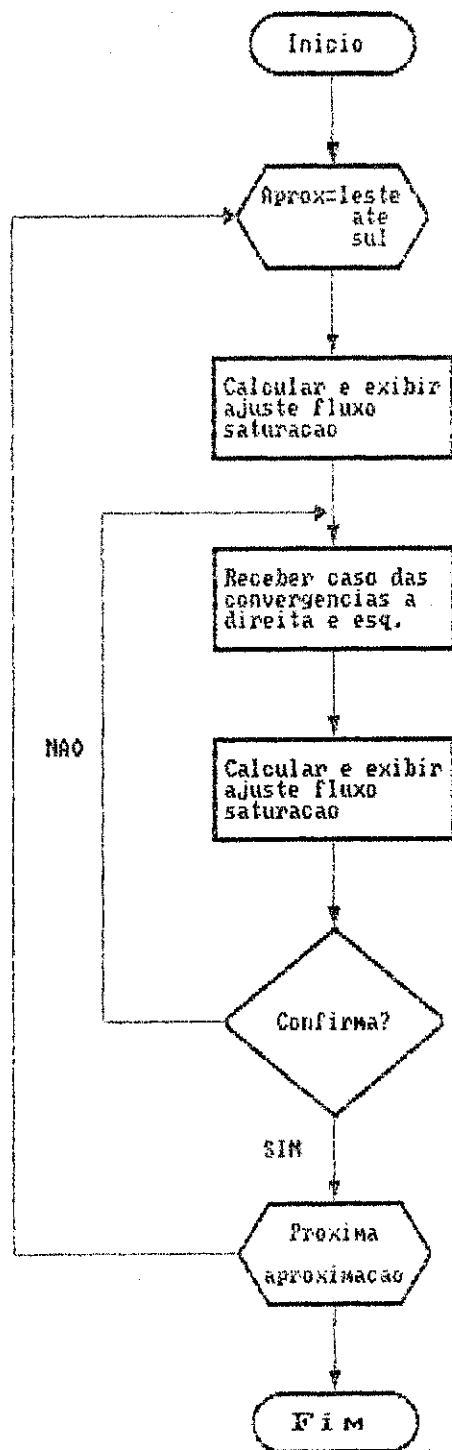
Este módulo possui o seu formulário dividido em quatro telas (conforme fig. 5.7). Inicialmente é exibida a tela para os cálculos referentes a aproximação Leste, sendo seguida pela aproximação Oeste, depois a aproximação Norte, e finalmente, a aproximação Sul. Em cada uma das telas haverá procedimento de cálculo semelhante, que será o seguinte:

1. ao iniciar, já aparecerão na tela os grupos de faixas estabelecidos no módulo anterior, a taxa de fluxo de saturação ideal que é fixa e o número de faixas. Aparecerá também os fatores de ajustamento da largura de faixa ao tipo de área. Estes fatores dependerão de dados que constam no módulo dos dados de entrada para serem pesquisados em tabelas que as mesmas encontram-se colocadas internamente no procedimento de cálculo do programa. Assim sendo, estes fatores serão pesquisados internamente e colocados os seus valores em locais apropriados.

2. logo em seguida aos fatores já determinados na tela,

Figura 5.6 - Fluxograma do procedimento de execução do módulo da taxa de fluxo de saturação.

Modulo de Ajustamento do Fluxo de Saturacao







será perguntado o tipo de caso de convergência à direita, para que possa ser feita uma pesquisa interna em tabela correspondente e o seu valor colocado no local apropriado no formulário da tela. Cada caso corresponderá a uma situação de movimento de convergência à direita com movimentos diretos e de convergência à esquerda.

*Caso 1:* faixa de convergência à direita exclusiva com faseamento protegido.

*Caso 2:* faixa de convergência à direita exclusiva com faseamento tolerado.

*Caso 3:* faixa de convergência à direita exclusiva com faseamento protegido/tolerado.

*Caso 4:* faixa de convergência à direita dividida com faseamento protegido.

*Caso 5:* faixa de convergência à direita dividida com faseamento tolerado.

*Caso 6:* faixa de convergência à direita dividida com faseamento protegido/tolerado.

*Caso 7:* aproximação de faixa única.

*Caso 8:* faixa de convergência à direita dupla com faseamento protegido.

Nos casos 2, 3, 4, 5, 6, 7 serão necessárias algumas variáveis para a determinação dos fatores, que são o número de pedestres e a proporção de convergência à direita. Estes valores serão obtidos dos módulos 1 e 2 respectivamente.

3. o último fator a ser determinado é o fator de convergência à esquerda, cujo caso referente ao tipo de relação

dessa convergência com os movimentos direto e de convergência à direita será exigido. Os casos podem ser os seguintes:

*Caso 1:* faixa de convergência à esquerda exclusiva com faseamento protegido.

*Caso 2:* faixa de convergência à esquerda exclusiva com faseamento tolerado.

*Caso 3:* faixa de convergência à esquerda com faseamento protegido/tolerado.

*Caso 4:* faixa de convergência à esquerda dividida em faseamento tolerado.

*Caso 5:* faixa de convergência à esquerda dividida com faseamento protegido.

*Caso 6:* faixa de convergência à esquerda dividida com faseamento protegido/tolerado.

*Caso 7:* aproximação de faixa única.

*Caso 8:* faixa de convergência à esquerda dupla com faseamento protegido.

Nos casos 4 e 5 serão necessárias as variáveis proporção de convergência à esquerda e volume oposto que serão recebidas pelo sistema do módulo 2. Já nos casos 2, 5 e 7 há necessidade de se utilizar um procedimento especial para o cálculo do fator. Este procedimento de cálculo está interno ao software mas, podendo ser exibido caso se faça necessário. A única coisa que é perguntada para o cálculo através do procedimento especial é o tempo de verde efetivo, que o usuário dará entrada. Após os cálculos o fator será exposto no formulário da tela em seu devido lugar.

O processo de execução desse procedimento especial é apresentado na figura 5.8. Esse procedimento também possui o seu formulário dividido para as quatro aproximações (ver figura 5.9), sendo apresentado os resultados dos cálculos numa só tela.

4. com todos os fatores determinados é feita a multiplicação da taxa de fluxo de saturação ideal pelo número de faixas e os fatores de ajustamento, cujo produto que é a taxa de fluxo de saturação ajustada, é colocado na última coluna do formulário da tela.

As telas de cada uma das aproximações que compõem o formulário do módulo da taxa de fluxo de saturação encontram-se na figura 5.7.

Após a exibição de cada tela será necessária a confirmação das mesmas para a verificação por parte do usuário da correção e para dar prosseguimento a edição.

Na sequência de edição do módulo da taxa de fluxo de saturação, após a confirmação do preenchimento de suas telas, aparecerá na tela do computador o formulário do procedimento especial utilizado para o cálculo do fator de convergência à esquerda tolerada ou de aproximação de faixa única, para que o analista acompanhe a evolução dos cálculos nestes casos. A tela deste procedimento especial encontra-se representada na figura 5.9, onde são apresentadas todas as variáveis de saída necessárias para o cálculo do fator de convergência ( $f_{CE}$ ), assim como, o próprio fator  $f_{CE}$  que se encontra na última linha. Todas essas variáveis estão definidas na documentação do software (APÊNDICE VII deste trabalho).

Figura 5.8 - Fluxograma do procedimento especial para o cálculo de FCE.

Calculo Suplementar de FCE

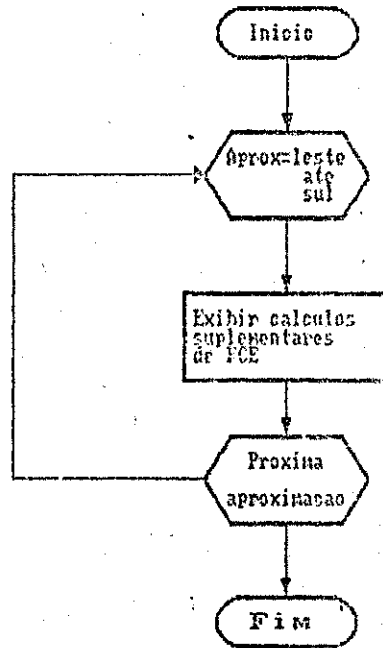


Figura 5.9 - Tela do procedimento especial para o cálculo de FCE.

Formulario Suplementar para FCE

A	p	r	o	x	Sop	Yo	gu	FE	PE	gg	PT	gf	EC	fm	FCE
LESTE	0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00
OESTE	0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00
NORTE	0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00
SUL	0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00

Após a exibição da tela do procedimento especial será necessária a confirmação da mesma. Isto é feito para a verificação por parte do usuário dos valores contidos na tela e para dar prosseguimento a edição.

#### 5.2.1.4 - Módulo de análise de capacidade

O procedimento de execução desse módulo é apresentado no fluxograma da figura 5.10.

Este módulo possui o seu formulário dividido em quatro telas (ver figura 5.11). Inicialmente é exibida a tela para a aproximação Leste, sendo seguida pela aproximação Oeste, depois a aproximação Norte, e finalmente a aproximação Sul. Em cada uma das telas haverá procedimento de cálculo semelhante, que será o seguinte:

1. ao iniciar, já aparecerão na tela os grupos de faixas estabelecidos no módulo anterior, a taxa de fluxo ajustada "s" do módulo de ajustamento da taxa de fluxo de saturação e a taxa de fluxo "v/s" do mesmo módulo.

2. para determinar a taxa de verde "g/C" será perguntado o valor do verde da aproximação, sendo logo em seguida apresentada a taxa de verde.

3. a capacidade do grupo de faixas "c" será apresentada após a taxa de verde, já que a capacidade é resultado do produto da taxa de fluxo de saturação ajustada "s" pela taxa de verde "g/C".

4. com a capacidade calculada, é determinada então a taxa v/c, ou seja, a proporção de utilização da capacidade da aproximação por parte do fluxo ajustado existente.

Figura 5.10 - Fluxograma do módulo de análise de capacidade.

## Módulo de Análise de Capacidade

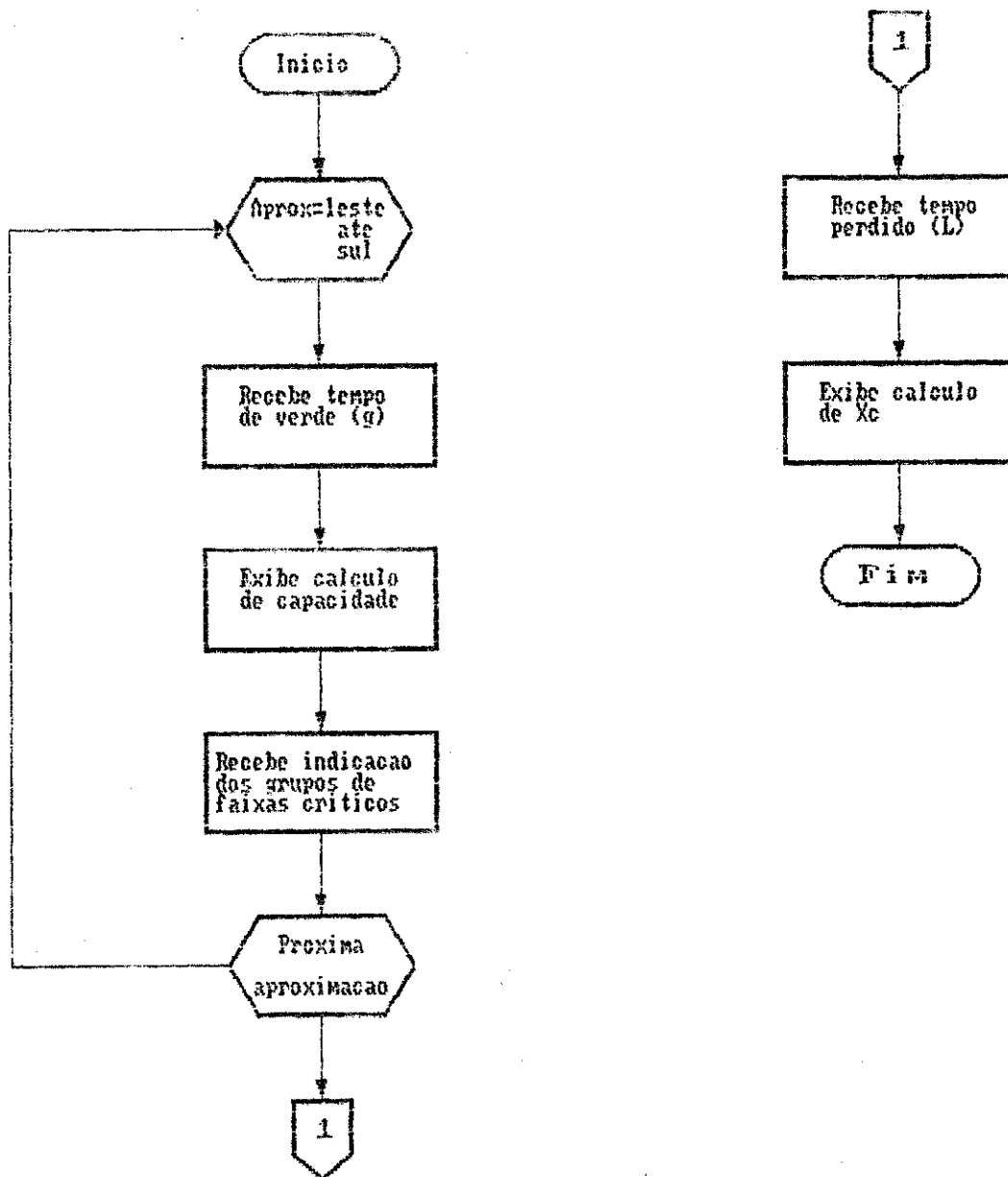


Figura 5.11 - Telas do módulo de análise de capacidade.

Formulario de Analise de Capacidade								
A	Movimto	Taxa	Taxa	Taxa de	Taxa de	Capacidade		Grupos de
r	dos	Fluxo	Fluxo	Fluxo	Verde	do grupo		Grupos de
o	grupos	Ajustada	Saturac	v/s	g/C	de faixas	Taxa	Faixas
x	de	v	s	v/s		c	v/c	Criticos
	faixas	(vph)	(vphv)			(vph)		
L	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
E	.							
S	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
T	.							
E	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
D	.							
E	.							
S	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
T	.							
E	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
N	.							
D	.							
R	...	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
T	.							
E	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
S	.							
U	.							
L	.....	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	.							
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	

Comprimento do ciclo, (C) 0 seg.  
 Tempo perdido por ciclo, (L) 0 seg.

Comatorio de v/s = 0.00  
 Xc = 0.00

Esse procedimento de cálculo se repetirá para as outras aproximações. Após o término do preenchimento da aproximação Sul, conseqüentemente, todas as telas já estarão preenchidas e todos os valores de taxas de fluxo v/s já estarão calculados, então o analista terá condições de determinar os grupos de faixas críticos definidos na metodologia no capítulo 3. Para tanto, a tela da primeira aproximação aparecerá novamente para que sejam assinalados os grupos de faixas críticos contidos nas aproximações, sendo assim repetido todo o procedimento de cálculo de capacidade.

Com os grupos de faixas críticos definidos e confirmadas as telas das quatro aproximações, os resultados serão agregados para se determinar a taxa v/c crítica da interseção. Para esse cálculo, será perguntado o valor do tempo perdido no ciclo, que é uma das variáveis de entrada que compõem a fórmula de determinação da taxa v/c crítica da interseção. O valor da taxa v/c crítica da interseção será apresentado logo em seguida a apresentação das telas desse módulo dentro de uma janela.

Nesse módulo, também, após a exibição de cada tela será necessária a confirmação das mesmas, para a verificação por parte do usuário da correção e para dar prosseguimento à edição.

#### 5.2.1.5 - Módulo de nível de serviço

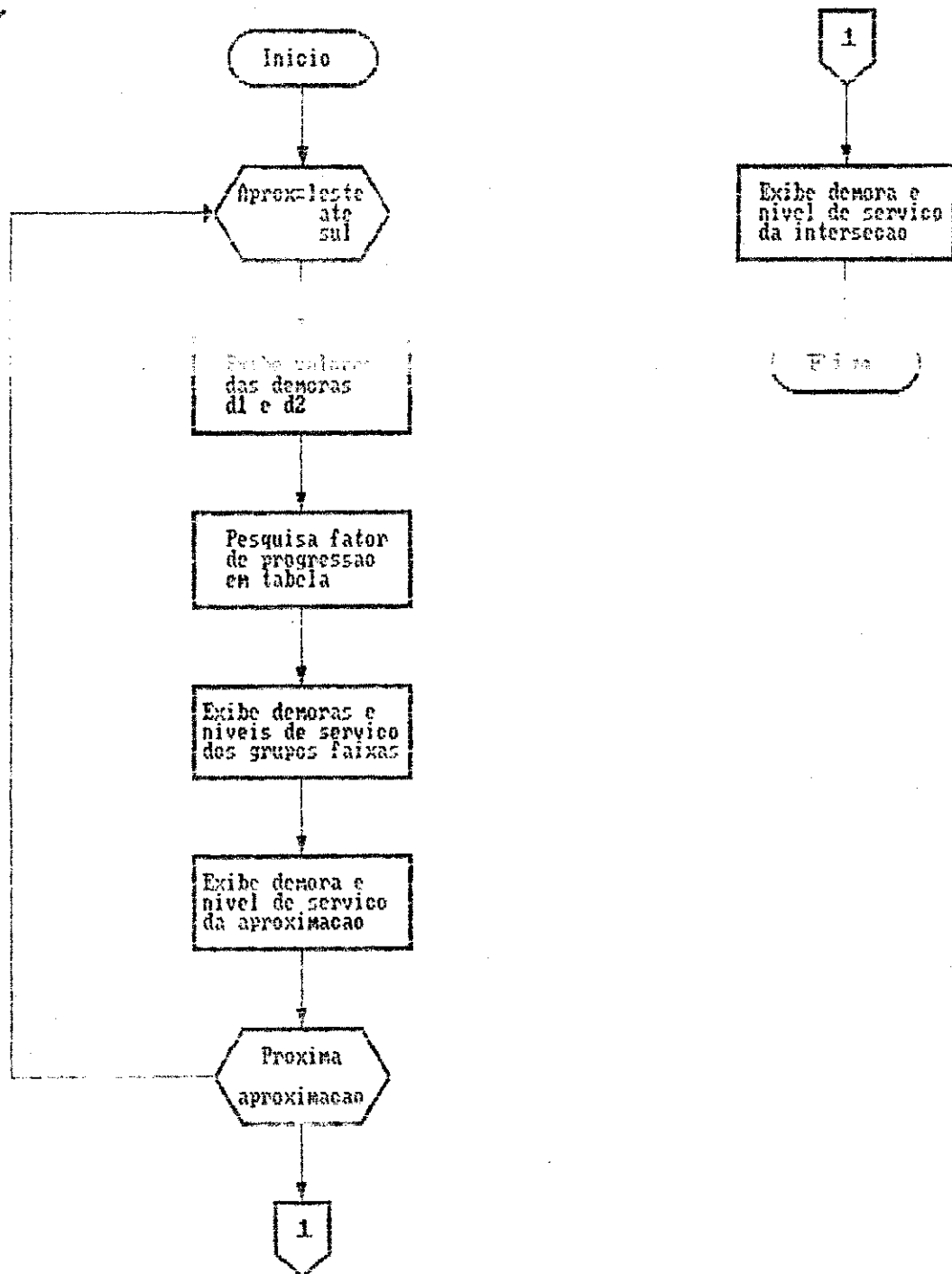
O procedimento de execução desse módulo é apresentado no fluxograma da figura 5.12.

Este módulo possui o seu formulário dividido em



Figura 5.12 - Fluxograma do módulo de nível de serviço.

## Módulo de Nível de Serviço



quatro telas (ver figura 5.13). Inicialmente é exibida a tela da aproximação Leste, sendo seguida pela aproximação Oeste, depois a aproximação Norte, e finalmente, a aproximação Sul. Em cada uma das telas haverá procedimento semelhante de cálculo, que será o seguinte:

1. ao iniciar, já aparecerão na tela os grupos de faixas estabelecidos no módulo anterior, as taxas " $v/c(X)$ " e " $g/C$ " do módulo de análise de capacidade, e o comprimento do ciclo " $C$ " do módulo dos dados de entrada.

2. uma vez que os valores do item (1) são variáveis de entrada para o cálculo da demora  $d_1$ , a mesma também já aparecerá na tela.

3. com o valor da capacidade do grupo de faixas " $c$ " obtido do módulo anterior, a demora  $d_2$  será também imediatamente determinada.

4. o fator de progressão será imediatamente calculado para os casos de sinais de tempo fixo e atuado, bastando para isso uma pesquisa em tabela que se encontra interna ao procedimento de cálculo do software, tendo também como variáveis de entrada para a pesquisa, além do tipo do sinal, o tipo de chegada, que é da mesma forma que o tipo de sinal obtido no módulo dos dados de entrada, e a taxa  $v/c(X)$  obtida do módulo de análise de capacidade. No caso de sinal do tipo semiatuado, além de todo o procedimento acima citado será necessário saber se a aproximação é da via principal ou secundária, sendo esta informação fornecida pelo usuário.

Quando o grupo de faixas for de convergência à esquerda o fator de progressão será igual a 1.00 para todos os



tipos de sinais, chegadas e taxas v/c.

5. com a determinação do fator de progressão, a de mora do grupo de faixas é calculada, sendo feita logo em se guida uma associação direta do valor da demora com o nível de serviço através de tabela interna ao procedimento de cálculo do software.

6. com os valores das demoras dos grupos de faixas da aproximação determinadas, calcula-se a demora na aproximação e o seu nível de serviço correspondente.

Após a exibição de cada tela será necessária a con firmiação das mesmas para a verificação por parte do usuário da sua correção e para dar prosseguimento a edição.

Com o preenchimento das telas concluído, os valo res das demoras de cada aproximação são agregados para se de terminar a demora média parada da interseção e o seu respectivo nível de serviço. Os valores da demora e do nível de serviço da interseção serão exibidos logo abaixo da tela da aproximação Sul.

Concluídos todos os módulos, tem-se condições de obter uma configuração geral da situação operacional do cru zamento, bem como, de propor diversos cenários para melhorar essa situação.

#### 5.2.2 - Gravação de formulários

Essa atividade consiste na gravação do último cená rio estudado. Torna-se importante, pois diante de uma pequena alteração que se tenha que fazer nesse cenário não será necessário digitar todos os dados novamente.

A execução da gravação é bastante simples, para tanto cabe ao usuário fornecer o nome do arquivo a ser gravado.

#### 5.2.3 - Recuperação de formulários

Essa atividade está intimamente ligada a anterior, pois após a gravação de um cenário há necessidade de recuperá-lo sempre que a situação assim exigir. Sendo essa recuperação bastante simples, o usuário deverá fornecer apenas o nome do arquivo a ser recuperado.

#### 5.2.4 - Impressão de formulários

Após a situação sob estudo ter sido analisada em vídeo, a impressão dessa situação torna-se possível através dessa atividade. O usuário terá unicamente que fornecer o nome do arquivo a ser impresso.

A impressão da situação é importante como forma de documentação da situação estudada e como forma de visualização geral da situação.

### 5.3 - Resultados da Aplicação do Software ao Estudo de Caso

Neste ítem será novamente analisado o estudo de caso do capítulo 4, sendo apresentados outros cenários para se definir realmente a melhor solução de acordo com o diagnóstico encontrado.

### 5.3.1 - Aplicação do software ao estudo de caso

Com a conclusão do software tem-se condições de analisar um estudo de caso a título de demonstração de sua utilidade, bem como de apresentação do mesmo.

O software encontra-se perfeitamente adequado para a resolução e análise do problema apresentado no capítulo 4. Trata-se de um caso bastante simples de um cruzamento de uma zona residencial que possui baixo volume veicular.

Vale salientar, que no capítulo 6 é apresentada a análise de um estudo de caso mais complicado.

### 5.3.2 - Criação de novos cenários

Diante do diagnóstico da situação que se encontra no item 4.2.2 do capítulo 4, o problema consiste no comprimento do ciclo do semáforo e na alocação de tempo de verde para as aproximações. Sendo assim sugerido um ciclo mais curto e outra alocação de tempo de verde.

Como o cruzamento possui um semáforo com um ciclo de 75 segundos, outros ciclos menores foram analisados, elaborando-se sempre um novo faseamento para cada um desses ciclos. Inicialmente, parte-se da análise da situação existente sendo apresentados seus formulários da figura 5.14 a 5.19 (ciclo = 75 segundos) e, em seguida são apresentados os resultados de análise de capacidade e nível de serviço dos outros ciclos.

Figura 5.14 - Módulo dos dados de entrada (1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup> e 3.<sup>a</sup> partes).

```

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Intersecao:          R. Arao Lins/Av. Canal      Data: 24/4/90
|Analista:   Maisa Sales Costa Per.Tempo:   7-8 a.m  Tipo Area: L21
|No.Projeto:          1 Cidade/Estado:         Recife-PE   [1] CBD
|                                                           [2] Outras
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|DADOS VOLUMETRICOS          |          total          |
|E GEOMETRICOS              |          [ 107]         |
|                             |volumes: [ 7] [ 71] [ 29]|
|                             |nome via N/S: [ R. Arao Lins] |
|                             |          nf[1]          |
|                             +-----+-----+-----+-----+
|                             |volumes                  |volumes
|                             |total [ 16]              |          [ 30] total
|                             |[ 647] [592] nf[2]     |          nf[2] [178] [ 229]
|                             |[ 39]                  |          [ 13]
|                             +-----+-----+-----+-----+
|Identifique os            |                             |nome via L/O
|volumes no diagrama      |                             |[ Av. Canal]
|e numero de faixas(nf)   |volumes: [ 16] [ 89] [ 48]|
|                             |total: [ 153]            |
+-----+-----+-----+-----+-----+

```

## Formulario de Entrada(Parte 2): DADOS VOLUMETRICOS E GEOMETRICOS

Aprox.	Largura das faixas	Estacionamento		Bainhas de armazenamento		Paradas Ilhas Onibus		Movimentos das faixas
		S/N	E/D*	S/N	Compr.(m)	(S/N)	(S/N)	
LESTE	2.80 0.00	N		N	0.00	S	N	. . . . .
OESTE	3.55 0.00	N		N	0.00	S	N	< . . . . .
NORTE	4.60 0.00	N		N	0.00	S	S	< . . . . .
SUL	4.60 0.00	N		N	0.00	S	S	. . . . .

## Formulario de Entrada (Parte 3) : CONDICÕES DE TRAFEGO E DA VIA

Aprox.	Greidel %	Estacionamento		Onibus (NB)	FHP	Pedest. lp/hora	Botao Pedest.		Tipo de Chegada
		Sim/Nao	Nm				S/N	Temp.min.	
LESTE	0.01	3.01	N	0	0.871	50	N	9.8	3
OESTE	0.01	5.01	N	0	0.761	50	N	9.8	3
NORTE	0.01	0.71	N	0	0.771	50	R	2.7	3
SUL	0.01	2.01	N	0	0.851	50	N	9.7	3

Nivel: + ... para cima; - ... para baixo; UP: Veiculo Pesado (mais de 4 eixos)  
Nm: No. de manobras de estacionamento; NB: Paradas de onibus no local, por hora  
FHP: Fator de Hora de Picb; Temp.min.: Tempo minimo de travessia (segundos)

Figura 5.15 - Módulo dos dados de entrada (4ª parte).

```

Formulario de Entrada (Parte 4) : DADOS DE FASEAMENTO
+-----+-----+
| F A S E A M E N T O | Simbologia do Faseamento: |
+-----+-----+
|   | faixas          faixas          |                               |
| D | aprox. sul     aprox. oeste    |                               |
| I | [.....] [ <A. .A> ..... ] |                               |
| A |                               |                               |
| G |                               |                               |
| R |                               |                               |
| A | faixas          faixas          |                               |
| M | aprox. leste   aprox. norte    |                               |
| A | [ <A. .A> ..... ] [.....] |                               |
|   |                               |                               |
+-----+-----+
|   | G = verde; Y = amarelo ; R = vermelho |                               |
| T E M P O |-----|                               |
|   |                               |                               |
|   |                               |                               |
|   |                               |                               |
|   |                               |                               |
+-----+-----+
| F I X O O U A T U A L I Z A D O ( [ F ] o u [ A ] ) | [ F ] |
+-----+-----+
| F A S E A M E N T O | Simbologia do Faseamento: |
+-----+-----+
|   | faixas          faixas          |                               |
| D | aprox. sul     aprox. oeste    |                               |
| I | [ <A> ..... ] [.....] |                               |
| A |                               |                               |
| G |                               |                               |
| R |                               |                               |
| A | faixas          faixas          |                               |
| M | aprox. leste   aprox. norte    |                               |
| A | [.....] [ <A> ..... ] |                               |
|   |                               |                               |
+-----+-----+
|   | G = verde; Y = amarelo ; R = vermelho |                               |
| T E M P O |-----|                               |
|   |                               |                               |
|   |                               |                               |
|   |                               |                               |
|   |                               |                               |
+-----+-----+
| F I X O O U A T U A L I Z A D O ( [ F ] o u [ A ] ) | [ F ] |
+-----+-----+
| Comprimento do ciclo (C): 75 segundos |
+-----+-----+

```



Figura 5.16 - Módulo de ajustamento de volume.

## Formulario de Ajustamento de Volume

A P r o x	Volum por Novim. (vph)	Fator Hora Movim. (FHP)	Taxa Fluxo Vp (vph)	Grupo Faixa (GF)	Taxa Fluxo No GF (vph)	Numero Faixas N	Fator Utili- zacao U	Fluxo Ajust V (vph)	Proporcao Conv. Dir. Esquerda PCE e PCD
	Conv. Esq.	16	0.87	18	.	0	0.00	0	0.00
L									
E	D.				▲				0.02 PCE
S	I R	592	0.87	680	▲	743	2	1.05	780
T	E T				▲				0.06 PCD
E	O				▼				
	Conv. Dir.	39	0.87	45	.	0	0.00	0	0.00
	Conv. Esq.	13	0.76	17	.	0	0.00	0	0.00
O									
E	B				▲				0.06 PCE
S	I R	178	0.76	234	▲	301	2	1.05	316
T	E T				▲				0.17 PCD
E	O				▼				
	Conv. Dir.	38	0.76	50	.	0	0.00	0	0.00
	Conv. Esq.	16	0.77	21	.	0	0.00	0	0.00
N									
O	D								0.11 PCE
R	I R	89	0.77	116	▲	199	1	1.00	193
T	E T				▲				0.31 PCD
E	O				▼				
	Conv. Dir.	48	0.77	62	.	0	0.00	0	0.00
	Conv. Esq.	29	0.85	34	.	0	0.00	0	0.00
S									
U	D								0.27 PCE
L	I R	71	0.85	84	▲	126	1	1.00	126
	E T				▲				0.06 PCD
	O				▼				
	Conv. Dir.	7	0.85	8	.	0	0.00	0	0.00



Figura 5.18 - Módulo de análise de capacidade.

Formulário de Análise de Capacidade								
Ar	Movimentos	Taxa Fluxo Ajustada (vph)	Taxa Fluxo Saturada Ajustada (vphv)	Taxa de Fluxo v/s	Taxa de Verde g/C	Capacidade do grupo de faixas (vph)	Taxa v/c	Grupos de Faixas Críticos
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
L								
E	▲							
S	▲	780	3138	0.249	0.640	2008	0.37	*
T	▲							
E	▲							
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
D	▲							
E	▲							
S	▲	316	2955	0.107	0.640	1891	0.17	
T	▲							
E	▲							
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
N								
O								
R	▲	199	1626	0.122	0.253	412	0.48	*
T								
E								
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
S								
U								
L	▲	126	1385	0.091	0.253	351	0.36	
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	

Comprimento do ciclo, (C) 75 seg.  
 Tempo perdido por ciclo, (L) 6 seg.

Somatório de v/c = 0.37  
 $X_c = 0.40$

Figura 5.19 - Módulo de nível de serviço.

## Formulário de Nível de Serviço

A		DENORA DO 1o. TERMO			DENORA DO 2o. TERMO			IDEN.TOT.x	NIV.SERV			
r	Movimto	Taxa	Taxa	Comp.	Demor	Capac.	Dem.	Fator	Dem.	Nivel	Dem.	Nivel
o	Faixas	v/c	verdel	ciclos	di	grupo	d2	progr	grupo	Serv.	aprox	Serv.
x		g/C	C	(seg/	fx,c	(s/	FP	faixa	grupo	(seg/	aprox.	(seg/
			(seg)	veic)	(vph)	(veic)		(s/v)	faixa	veic)		
	.	0.00	0.000	75	0	0	0	0.00	0			
L	▲											
E	▲											
S	▲	0.39	0.640	75	5	2008	0	1.00	5	A	5	A
T	▲											
E	▲											
	.	0.00	0.000	75	0	0	0	0.00	0			
	.	0.00	0.000	75	0	0	0	0.00	0			
O	▲											
E	▲											
S	▲	0.17	0.640	75	4	1091	0	1.00	4	A	4	A
T	▲											
F	▲											
	.	0.00	0.000	75	0	0	0	0.00	0			
	.	0.00	0.000	75	0	0	0	0.00	0			
N	▲											
O	▲											
R	▲	0.46	0.253	75	10	412	1	1.00	19	C	19	C
T	▲											
E	▲											
	.	0.00	0.000	75	0	0	0	0.00	0			
	.	0.00	0.000	75	0	0	0	0.00	0			
S	▲											
U	▲											
I	▲	0.36	0.253	75	17	351	0	1.00	17	C	17	C
	.	0.00	0.000	75	0	0	0	0.00	0			

Demora da intersecao B seg/veic.

Nivel de servico da intersecao B

1º Ciclo: 70 segundos

Os resultados da análise desse ciclo podem ser observados nas figuras 5.20 e 5.21.

Como se pode perceber na análise de capacidade já há um aumento na taxa v/c da aproximação Leste e uma diminuição na taxa v/c nos grupos de faixas das aproximações Norte e Sul e um aumento no  $X_c$  da interseção. Também é verificado na análise de nível de serviço que os valores das demoras dos grupos de faixas das aproximações sofreram sensível diminuição nas aproximações Norte e Sul. A interseção sofreu também uma diminuição de demora.

2º Ciclo: 65 segundos

Os resultados da análise desse ciclo podem ser observados nas figuras 5.22 e 5.23.

Como pode se observar na análise de capacidade o valor de v/c dos grupos de faixas das aproximações Leste e Oeste aumentaram e o das aproximações Norte e Sul diminuíram, porém o  $X_c$  mantém-se inalterado em relação ao último ciclo analisado. Na análise de nível de serviço verifica-se que as demoras dos grupos de faixas das aproximações Leste e Oeste mantêm-se inalteradas e das aproximações Norte e Sul continuam diminuindo. A interseção continua com o mesmo valor de demora do ciclo analisado anteriormente.

3º Ciclo: 60 segundos

Este ciclo é considerado como o ciclo mínimo para o cruzamento, calculado no capítulo 4. Os resultados da análise

Figura 5.20 - Módulo de análise de capacidade do ciclo igual a 70 segundos.

## Formulário de Análise de Capacidade

Arquitetura	Movimentos dos grupos de faixas	Taxa de Fluxo Ajustada (vph)	Taxa de Fluxo Saturada Ajustada (vphv)	Taxa de Fluxo v/s	Taxa de Verde g/C	Capacidade do grupo de faixas (vph)	Taxa v/c	Grupos de Faixas Críticos
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
LESTE	▲ ▲ ▼	780	3138	0.247	0.614	1928	0.40	*
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
DESTE	▲ ▲ ▼	316	2953	0.107	0.614	1820	0.17	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
ROTE	▲ ▲ ▼	199	1618	0.123	0.300	485	0.41	*
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
SUL	▲ ▲ ▼	126	1416	0.089	0.300	424	0.30	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	

Comprimento do ciclo, (C) 70 seg.  
Tempo perdido por ciclo, (L) 6 seg.

Somatório de v/s = 0.37  
Xc = 0.41

Figura 5.21 - Módulo de nível de serviço do ciclo igual a 70 segundos.

## Formulario de Nivel de Servicio

		DEMORA DO 1o. TERMO			DEMORA DO 2o. TERMO			DEM. TOT. x NIV. SERVI				
l	p	Taxa	Taxa	Comp.	Demor	Capac.	Dem.	Fator	Demor	Nivel	Demor	Nivel
r	o	v/c	verde	ciclo	d1	grupo	d2	progr	grupo	Serv.	aprox	Serv.
x		g/C	g/C	C	(seg/	fx,c	(s/	FP	faixa	grupo	(seg/	Aprox.
				(seg)	veic)	(vph)	vgi)		(s/v)	faixa	veic)	
		0.00	0.000	70	0	0	0	0.00	0			
L	▲											
E	▲											
S		0.40	0.614	70	5	1928	0	1.00	5	A	5	A
T	▼											
E	▼											
		0.00	0.000	70	0	0	0	0.00	0			
		0.00	0.000	70	0	0	0	0.00	0			
D	▲											
E	▲											
S		0.17	0.614	70	4	1820	0	1.00	4	A	4	A
T	▲											
E	▲											
		0.00	0.000	70	0	0	0	0.00	0			
		0.00	0.000	70	0	0	0	0.00	0			
N												
O												
R	▲	0.41	0.300	70	15	405	0	1.00	15	B	15	B
T												
E												
		0.00	0.000	70	0	0	0	0.00	0			
		0.00	0.000	70	0	0	0	0.00	0			
S												
U												
L	▼	0.30	0.300	70	14	424	0	1.00	14	B	14	B
		0.00	0.000	70	0	0	0	0.00	0			

Demora da interseccao 7 seg/veic.

Nivel de servico da interseccao B

Figura 5.22 - Módulo de análise de capacidade do ciclo igual a 65 segundos.

Formulário de Análise de Capacidade								
Ápex	Hovintol	Taxa Fluxo Ajustada (vph)	Taxa Fluxo Saturac. Ajustada (vph)	Taxa de Fluxo v/s	Taxa de Verde g/C	Capacidade do grupo de faixas c (vph)	Taxa v/c	Grupos de Faixas Críticos
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
L	▲▲							
E	▲▲							
S	▲▲	780	3138	0.249	0.600	1883	0.41	*
T	▲▲							
E	▲▲							
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
O	▲▲							
E	▲▲							
S	▲▲	316	2981	0.106	0.600	1706	0.10	
T	▲▲							
E	▲▲							
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
N								
O								
R	▲▲	199	1631	0.122	0.300	501	0.40	*
T								
E								
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
S								
U								
L	▲▲	126	1432	0.088	0.300	442	0.29	
		0	0	0.000	0.000	0	0.00	

Comprimento do ciclo, (C) 65 seg.  
 Tempo perdido por ciclo, (L) 6 seg.

Somatório de v/s = 0.37  
 Xc = 0.41



Figura 5.23 - Módulo de nível de serviço do ciclo igual a 65 segundos.

## Formulario de Nivel de Servicio

LA	DEMORA DO 1o. TERMO	DEMORA DO 2o. TERMO	DEM.TOT. x NIV.SERV.								
Grp	Taxa	Taxa	Comp.	Demor	Capac.	Dem.	Fator	Demor	Nivel	Demor	Nivel
o	v/c	verde	ciclo	d1	gru	d2	progr	gru	Serv.	aprox	Serv.
x	g/C	g/C	C	(seg/veic)	(vph)	(s/veic)	FP	faixa	gru	(seg/veic)	Aprox.
								(s/v)	faixa		
.	0.00	0.000	65	0	0	0	0.00	0			
L											
E											
S	0.41	0.600	65	5	1883	0	1.00	5	A	5	A
T											
E											
.	0.00	0.000	65	0	0	0	0.00	0			
.	0.00	0.000	65	0	0	0	0.00	0			
D											
E											
S	0.18	0.600	65	4	1786	0	1.00	4	A	4	A
T											
E											
.	0.00	0.000	65	0	0	0	0.00	0			
.	0.00	0.000	65	0	0	0	0.00	0			
N											
D											
R	0.40	0.300	65	13	1501	0	1.00	13	B	13	B
T											
E											
.	0.00	0.000	65	0	0	0	0.00	0			
.	0.00	0.000	65	0	0	0	0.00	0			
S											
U											
I	0.29	0.300	65	13	1442	0	1.00	13	B	13	B
.											
.	0.00	0.000	65	0	0	0	0.00	0			

Demora da intersecao 7 seg/veic.

Nivel de servico da intersecao B

se desse ciclo são apresentados nas figuras 5.24 e 5.25.

Segundo a análise de capacidade as taxas v/c de todas as aproximações mantiveram-se inalteradas, assim como o  $X_c$  da interseção. Na análise de nível de serviço verifica-se que houve apenas uma diminuição de demora no grupo de faixas da aproximação Sul.

### 5.3.3 - Avaliação dos cenários

Diante da análise de todos os cenários algumas observações podem ser feitas e que conduzem a definição da melhor solução.

O ciclo de 70 segundos já apresenta um resultado bastante favorável mas, é logo em seguida verificado com a análise do ciclo de 65 segundos que a situação pode ser melhorada no que diz respeito as demoras dos grupos de faixas das aproximações da via secundária, onde há uma sensível diminuição de demora. O cenário apresentado pelo ciclo de 60 segundos não apresenta grande alteração em relação ao cenário do ciclo de 65 segundos, nada que justifique a implantação desse ciclo mínimo, visto que é desaconselhável até por questões de segurança a adoção de ciclos muito curtos.

Sendo assim, de acordo com toda a análise das situações pode-se definir que a melhor solução para o diagnóstico apresentado é a adoção do ciclo de 65 segundos para o cruzamento, pois o aumento das taxas v/c das aproximações Leste e Oeste não contribuíram para o aumento da demora dos grupos de faixas dessas aproximações, e nem do  $X_c$  do cruzamento. Além disso, os valores das demoras são bastante reduzidos.

Figura 5.24 - Módulo de análise de capacidade do ciclo igual a 60 segundos.

Formulário de Análise de Capacidade								
Ar	Movimento dos grupos de faixas	Taxa Fluxo Ajustada (vph)	Taxa Fluxo Saturac. Ajustada (vph/v)	Taxa de Fluxo v/s	Taxa de Verde g/C	Capacidade do grupo de faixas c (vph)	Taxa v/c	Grupos de Faixas Críticos
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
L	▲							
E	▲							
S	▲	780	3138	0.247	0.300	1883	0.41	*
T	▲							
E	▲							
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
O	▲							
E	▲							
S	▲	316	2981	0.106	0.300	1796	0.18	
T	▲							
E	▲							
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
N								
O								
R	▲	177	1645	0.121	0.300	494	0.40	*
T								
E								
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
S								
U								
L	▲	126	1465	0.086	0.300	438	0.29	
	.	0	0	0.000	0.000	0	0.00	

Comprimento do ciclo, (C) 60 seg.  
Tempo perdido por ciclo, (L) 6 seg.

Somatório de v/s = 0.37  
Xc = 0.41

Figura 5.25 - Módulo de nível de serviço do ciclo de 60 segundos.

Formulario de Nivel de Servicio

LAPEX	MOVIMENTO	GRUPO	FAIXAS	TAXA V/C	TAXA VERDE	COMP. CICLO	DEMO. D1	DEMO. D2	DEMO. D3	FACTOR	DEMO. D4	NIVEL SERV. APROX.	NIVEL SERV. APROX.
				g/C	g/C	C (seg)	(seg/veic)	grupos (vph)	(s/veic)	FP	faixa/grupos (s/v)	(seg/veic)	(seg/veic)
	.			0.00	0.000	60	0	0	0	0.00	0		
L	▲												
E	▲												
S	.			0.41	0.600	60	5	1883	0	1.00	5	A	5 A
T	▼												
E	▼												
	.			0.00	0.000	60	0	0	0	0.00	0		
D	.			0.00	0.000	60	0	0	0	0.00	0		
E	▲												
S	▲			0.10	0.600	60	4	1796	0	1.00	4	A	4 A
T	▼												
E	▼												
	.			0.00	0.000	60	0	0	0	0.00	0		
N	.			0.00	0.000	60	0	0	0	0.00	0		
O	.												
R	▲			1.04	0.300	60	13	494	0	1.00	13	B	13 B
T	▼												
E	▼												
	.			0.00	0.000	60	0	0	0	0.00	0		
S	.			0.00	0.000	60	0	0	0	0.00	0		
O	.												
L	▼			0.29	0.300	60	12	430	0	1.00	12	B	12 B
	.			0.00	0.000	60	0	0	0	0.00	0		

Demora da intersecao 7 seg/veic. Nível de serviço da intersecao B

Note que esse ciclo já havia sido adotado como a melhor solução para o caso no capítulo 4, por ocasião da resolução analítica operacional do estudo de caso sem auxílio do software.

#### 5.4 - Referências Bibliográficas

1. Schildt, Herbert. Turbo C: Guia do Usuário. trad. Maria Cláudia de Oliveira Santos, Rev. Téc. Roberto Mayer, McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1988, pág.5.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSÕES E PROPOSTAS

#### 6.1 - Conclusões sobre a metodologia proposta pelo HCM-85.

A metodologia mostrou-se bastante consistente na resolução do estudo de caso, quando produziu uma solução melhor em face das alterações sugeridas pela mesma, revelando-se muito mais realista do que alguns métodos tradicionais utilizados até então.

Torna-se evidente a necessidade de testá-la em vários aspectos, principalmente, no que se refere a análise de movimento de convergência à esquerda. Mostrou-se, também, de difícil manipulação na determinação de outras variáveis que não sejam a capacidade e nível de serviço, havendo necessidade de adaptações nos procedimentos para estes casos.

Há ainda uma forte inter-relação entre as variáveis, o que produz, por muitas vezes, resultados através de processos iterativos, devido a possibilidade de criação de diversos cenários. Porém, a utilização do computador poderá viabilizá-la nesse aspecto.

A análise de planejamento é bastante ampla e, por muitas vezes, torna-se aconselhável utilizar a própria análise operacional com os volumes projetados.

Um outro aspecto importante, é que a metodologia se concentra em taxas v/c abaixo de 1,00, havendo necessidade

de estudos para os casos de supersaturação.

## 6.2 - Conclusões sobre a análise dos resultados obtidos nas aplicações da metodologia.

Neste ítem, além das conclusões obtidas a partir das aplicações da metodologia nos capítulos 4 e 5, outros testes devem ser feitos.

Durante o desenvolvimento do software foi verificado que a tabela do fator de ajustamento devido a bloqueio provocado por ônibus em paradas locais (tabela 3.8, ítem 3.3.2, cap. 3) era possível de utilização até 40 manobras por grupo de faixas. Sabendo-se que a maioria dos cruzamentos mais problemáticos possuem um valor de manobras muito mais alto, adaptou-se o Apêndice V deste trabalho do software ACS, para que o mesmo atendesse a esses casos.

É sugerida no capítulo 4, ítem 4.2.6, por Bonneson e McCoy(1) a utilização do valor  $s$  (taxa de fluxo de saturação ajustada) no lugar de  $S_{op}$  (taxa de fluxo de saturação do fluxo oposto) no formulário Complementar para convergências à esquerda toleradas (figura 3.24), para evitar redundância. Sendo nesse trabalho de Bonneson e McCoy testado casos de faseamento protegido/tolerado e verificado que os valores de  $S_{op}$  quando tomados do formulário de ajustamento da taxa de fluxo de saturação são menores do que 90% daqueles calculados usando o formulário suplementar.

A metodologia atenta para as necessidades dos movimentos individuais ou grupos críticos, como por exemplo, no parâmetro veículo pesado é aconselhável o uso do valor médio



normalmente, ou em casos mais extremos de tráfego bastante carregado, o uso de valores individuais, algo mais coerente com a sua proposta. Para verificar a relevância da entrada dos dados geométricos e de tráfego para os grupos de faixas individuais em relação a aproximação como um todo será utilizado um cruzamento da cidade de Recife-PE, Av. Cruz Cabugá/Av. Norte. Note que o que se quer mostrar é que o HCM-85 apesar de atentar para as necessidades de grupos de faixas, utiliza um formulário de dados de entrada para as aproximações. O que se pretende testar é se haveria alguma diferença relevante de resultados se os dados de entrada fossem para os grupos de faixas individuais.

Será apresentada primeiramente a análise do cruzamento utilizando a entrada dos dados para a aproximação. Seus formulários encontram-se no Apêndice X. Logo em seguida é apresentada a análise considerando a entrada dos dados individuais para cada grupo de faixas. Seus formulários encontram-se também no Apêndice X.

O que se verifica é que na análise de capacidade da entrada de dados individuais os valores de  $v/c$  são menores do que na entrada dos dados para a aproximação. Principalmente nas aproximações que possuem faixas exclusivas de convergências, podendo ser explicado pelo fato de que essas faixas ficam menos sobrecarregadas quando analisadas individualmente. Isto pode ser confirmado pelo próprio aumento de capacidade que ocorre nos grupos de faixas quando analisados individualmente.

Na análise de nível de serviço verifica-se que as demo

ras dos grupos de faixas e da interseção da análise considerando as entradas dos dados individualmente são menores que o outro caso.

A diferença mais sensível ocorreu no valor de  $X_c$  do cruzamento na análise de capacidade, onde o valor da análise de entrada de dados individuais foi de 0.93 e a da entrada dos dados para a aproximação foi 1.01, sendo já um caso de supersaturação.

O que toda essa situação sugere é que a análise considerando a entrada dos dados para a aproximação pode superestimar os valores das taxas  $v/c$ ,  $X_c$  e das demoras do cruzamento, distanciando-se assim ainda mais da realidade analisada. Com isto pode ocorrer um risco maior de adoção de medidas inadequadas para o caso, além disso, tem-se uma visão muito superficial da situação de cada movimento com os seus respectivos grupos de faixas, o que torna mais difícil ainda a detecção de problemas de movimentos conflitantes.

O que se aconselha é se possível a utilização dos dados individuais para cada grupo de faixas, isto poderá em muitos casos garantir soluções melhores de distribuição de faixas entre os movimentos, de faseamento, para movimentos de convergência e para a travessia de pedestres. Note-se que o HCM-85 é omissa nesta parte.

### 6.3 - Sugestões para pesquisas futuras

Algumas sugestões já podem ser feitas:

1. Maiores estudos para a ampliação da metodologia para as condições de supersaturação.

2. Verificações e alterações, se necessárias, dos pa  
râmetros da metodologia do HCM-85 à realidade brasileira.

3. Maiores estudos das soluções inversas, como por  
exemplo, conhecendo-se a capacidade e o nível de serviço de  
terminar a taxa de fluxo de serviço, para verificar a consisis  
tência da metodologia nestes casos e as suas limitações.

#### 6.4 - Referências Bibliográficas

1. Bonneson, James e McCoy, Patrick, "Operational Analysis of Exclusive Left-Turn Lanes with Protected / Permitted Phasing". Transportation Research Record 1114, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1987, p.74-85.

## GLOSSÁRIO

### PARTE I: VOCABULÁRIO DA ENGENHARIA DE TRÁFEGO

**Capacidade.** É a taxa de fluxo máxima de uma determinada aproximação ou grupo de faixas que pode atravessar a interseção sob as condições prevaletentes do tráfego, da via e das condições de sinalização.

**Ciclo.** É qualquer sequência completa de indicações de sinais.

**CBD.** É um tipo de área urbana caracterizada pelo grande número de pedestres, veículos comerciais de pessoas e cargas, e uma grande demanda de estacionamento para o espaço disponível existente.

**Demora inicial na largada.** É o tempo que leva do início de indicação de verde até o instante em que o eixo trazeiro do primeiro veículo atravessa a linha de referência adotada (geralmente a linha de parada do veículo na aproximação).

**Demora excedente.** É a demora causada pelo excesso de fila no final do ciclo e no começo do ciclo posterior.

**Fase.** É a parte de um ciclo alocada para qualquer combinação de movimentos de tráfego recebendo a preferência simultaneamente durante um ou mais intervalos.

**Fator de Carga.** É a medida do grau de utilização de uma aproximação de um cruzamento durante uma hora de fluxo de tráfego de pico. É também, definido como o número de fases verdes que são carregadas, ou completamente utilizadas pelo tráfego

(geralmente de hora de pico) em relação ao número de fases verdes disponíveis para aquela aproximação durante o mesmo período.

**Fator Hora de Pico.** É definido como a taxa entre o número de veículos contados durante a hora de pico e quatro vezes o número de veículos contados durante o maior 15 minutos consecutivos desta hora.

**Grupo de faixas.** Combinações de movimentos tais como faixas de convergências exclusivas, separadas para a análise.

**Fluxo de Saturação.** É definido como o fluxo máximo de veículos que pode ser acomodado pelo grupo de faixas, ou aproximação, se o sinal estiver sempre verde para aquele grupo de faixas ou aproximação.

**Headway.** É a distância ou intervalo de tempo entre dois veículos consecutivos. Caso seja considerada a distância é chamado de headway espacial, e se for considerado o intervalo de tempo é chamado de headway temporal.

**Intervalo.** É um período de tempo no qual todas as indicações permanecem constantes.

**Intervalo de troca.** Os intervalos de amarelo mais vermelho que ocorrem entre fases para liberar a interseção antes dos movimentos conflitantes se realizarem.

**Linha de parada.** É a linha considerada como ponto de parada para todos os veículos que numa aproximação chegam ao cruzamento e encontram algum obstáculo para a sua travessia.

**Movimento tolerado.** Os veículos são tolerados de fazerem uma convergência em indicação de verde atual, mas devem atravessar o tráfego oposto. Este movimento também é chamado de permitido, porém, tanto este movimento quanto o protegido são permitidos, daí a designação de tolerado para diferenciá-lo do outro.

**Movimento protegido.** Os veículos têm o direito de fazerem uma convergência em indicação de verde somente a seu favor.

**Movimento protegido/tolerado.** Os veículos seguem para fazerem uma convergência na indicação de verde a seu favor, mas após a exclusividade ter terminado, no último caso, eles terão que atravessar o tráfego oposto.

**Nível de Serviço.** pode ser considerado como uma medida de desconforto e frustração do motorista, além de consumo de combustível e tempo perdido de viagem. No HCM-85 é estabelecido em demora parada média por veículo para um período de 15 minutos de análise.

**Ônibus Local.** São considerados ônibus locais aqueles que param em uma área até 75 metros da interseção.

**Ônibus direto.** São aqueles que param além de 75 metros da interseção, e neste caso podem ser considerados como veículos pesados.

**Progressão.** É a maneira como os veículos se distribuem na sua chegada. No HCM-85 a qualidade de progressão é descrita na forma de 5 tipos chegadas (ver item 3.3.2.1, módulo 1).

**Tempo perdido.** É o tempo durante o qual a interseção não está efetivamente sendo utilizada por qualquer movimento; estes tempos ocorrem durante o intervalo de troca (quando a interseção é liberada) e no começo de cada fase.

**Tempo de verde efetivo.** É o tempo quando determinada fase está efetivamente disponível para os movimentos. É geralmente considerado como o tempo de verde mais o intervalo de troca menos o tempo perdido para a determinada fase.

**Tempo resposta do motorista.** Está relacionado com os parâmetros da chamada reação (ou resposta) a um estímulo PIEV dos psicólogos, onde P representa percepção, I intelecção, E estimação ou avaliação, e V volição. Em alguns casos o processo como um todo é tratado como um único parâmetro chamado de tempo de reação do motorista.

**Chegadas randômicas.** São aquelas que dependem de certa probabilidade para que ocorram.

**Processo iterativo.** É um processo que consiste no ato de repetir um procedimento várias vezes.



## PARTE II: VOCABULÁRIO DA COMPUTAÇÃO

**Alocação dinâmica de memória.** A alocação do espaço para armazenar os dados na memória não é realizado no ato da compilação, sendo adiada até o momento da execução do programa.

**Compilação.** É a produção de uma rotina em linguagem de máquina partindo da rotina escrita em linguagem fonte, por meio de instruções predefinidas e armazenadas na biblioteca de subrotinas.

**Linguagem estruturada.** Foram criadas para permitir o desenvolvimento de programas mais legíveis, de fácil alteração, e mais simples.

**Software.** É a totalidade de programas e rotinas usadas para aumentar a performance de um computador, como compiladores, assembladores, narradores, rotinas e subrotinas.

**Fluxograma.** É um diagrama de blocos que descreve as tarefas de um programa, representando uma alternativa ou complemento a um algoritmo como um método de analisar um problema. Podendo, também, ser pensado como uma representação gráfica de um algoritmo.

**Algoritmo.** É a descrição passo-a-passo das tarefas que um programa executa.

**Arquivo seqüencial.** É o arquivo no qual se tem acesso aos dados um de cada vez.

*Variáveis de entrada.* São posições de memória para as quais o usuário fornecerá os dados que serão manipulados pelo programa.

*Variáveis de saída.* São posições de memória nas quais o programa registra os dados de saída.

*Janela.* É uma posição na tela na qual são escritas informações adicionais do programa, que podem ser solicitadas ou fornecidas algo.

## BIBLIOGRAFIA

- Abrams, C. M. e Smith, S.A. "*Selection on Pedestrian Signal Phasing*". Transportation Research Record 629, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1977, p.1-19.
- Agent, Kenneth e Deen, Robert. "*Warrants for Left-Turn Signal Phasing*". Transportation Research Record 737, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1979, p.1-10.
- Akcelik, R. "*Traffic Signal: Capacity and Timming Analysis*". Australian Road Research Board, ARRB Res. Rept.123, 1981.
- Australian Road Capacity Guide. Australian Road Research Board, Bull. 4, 1968.
- Bang, Karl-Lennart. "*Capacity of Signalized Intersections Part-3*". Transportation Research Record 667, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1978, p.11-26.
- Bartle, R.M., Skoro, V. e Gerlough, D.L. "*Starting Delay and Time Spacing of Vehicles Entering Signalized Intersections*". Highway Research Board, Bull. 112, 1956, p.33-41.
- Berry, Donald S. e Gandhi, P.K. "*Headway Approach to Intersections Capacity*". Highway Research Record 453, Highway Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1973, p. 56-60.

- Berry, Donald S. e Pfefer, Ronald C. "*Analysis of Proposed Use of Delay-Based Levels of Service at Signalized Intersections*". Transportation Research Record 1091, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1986, p. 78-86.
- Berry, Donald S. "*Using Volume-to-Capacity Ratios to Supplement Delay as Criteria for Levels of Service at Traffic Signals*". Transportation Research Record 1112, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1987, p.23-28.
- Bonneson, James A. e McCoy, Patrick. "*Operational Analysis of Exclusive Left-Turn Lanes with Protected/Permitted Phasing*". Transportation Research Record 1114, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1987, pp.74-85.
- Bonneson, J.A., Messer, C.J. e Fambro, D.B. "*Examination of Shared Lane Operations*". Transportation Research Record 1194, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.31-41.
- Buckley, D.J. "*Transportation and Traffic Theory*". American Elsevier Publishing Co., 1974.
- Camarão, Paulo César Bhering. "*Glossário de Informática*". Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1989.
- Cassidy, Michael J. e May, Adolf D. "*CALSIG: An Integration of Methodologies for the Design and Analysis of Signalized Intersections*". Transportation Research Record, 1160, Transportation Research Board, National Research Council,

- Washington, D.C., 1988, p.60-64.
- Chang, M.S., Messer, C.J. e Santiago, A.J. "*Timing Traffic Signal Change Intervals Based on Driver Behavior*". Transportation Research Record 1027, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985, p.20 - 30.
- Chang, Gang-Len e Williams, James C. "*Estimation of Independence of Vehicle Arrivals at Signalized Intersections: A Modeling Methodology*". Transportation Research Record 1194, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1988, p.42-46.
- Courage, Kenneth G. e Luh, John Zen-Yang. "*Computation of Signalized Intersections Service Volume Using the 1985 Highway Capacity Manual*". Transportation Research Record 1194, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.179-190.
- Cronjé, W.R. "*Analysis of Existing Formulas for Delay, Overflow and Stops*". Transportation Research Record 905, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. D., 1983, p.88-92.
- Cronjé, Wilhelm R. "*Comparative Analysis of Models of Estimating Delay for Oversaturated Conditions at Fixed-Time Traffic Signals*". Transportation Research Record 1091, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1986, p.48-57.
- Daou, A. "*The distribution of headways in a platoon*". Oper.

- Res.*, 12". New York, 1964, (2):360-361.
- Denatran. "*Manual de Semáforos*". Coleção Serviços de Engenharia. Brasília, 1979, cap.1-6.
- Drake, J., Schofer, J. e May, A.D. "*A Statistical Analysis of Speed - Density Hypothesis*". Vehicular Traffic Science, American Elsevier, New York, 1967, p.112-117.
- Drew, Donald R. "*Traffic Flow Theory and Control*". McGraw-Hill Book Company, New York, 1968, cap. 9.
- Fambro, Daniel B., Messer, Carrol J. e Andersen, Donald A. "*Estimation of Unprotected Left-Turn Capacity at Signalized Intersections*". Transportation Research Record 644, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1977, p.113-119.
- Fruin, J.J. e Benz, G.P. "*Pedestrian Time-Space Concept for Analyzing Corners and Crosswalks*". Transportation Research Record 959, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1984, p.18-24.
- Gazis, D., Herman, R. e Maradudin. "*The Problem of the Amber Signal in Traffic Flow*". Traffic Engineering, 1960, p.19-26 e 55.
- Gazis, D.C. "*Traffic Science*". Wiley-Interscience, New York, 1974.
- Goldblatt, R.B. "*Effect of Flashing Beacons on Intersection Performance*". Transportation Research Record 644, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1977, p.91-95.

- Greenbert, H. "*An Analysis Traffic Flow*". Operations Research, vol. 7, nº 1, 1959.
- Greenshields, B.D., Shapiro, D., e Ericksen, E.L. "*Traffic Performance at Urban Intersections*". Tech. Rep.No.1, Yale Bureau of Highway Traffic, New Haven, Conn., 1947.
- Greenshields, Bruce Douglas e Weida, Frank Mark. "*Statistics with applications to Highway Traffic Analysis*". The Eno Foundation for Highway Traffic Control, Saugatuck, Connecticut, 1952, cap. 3 e 5.
- Grillo, Maria Célia Arruda. "*Programação e Técnicas Turbo Pascal Versão 4*". O incluindo versão 5.0. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1989.
- Herbert, Jacques. "*A Study of Four-Way Stop Intersection Capacities*". Highway Research Record 27, Highway Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1963, p.130 - 147.
- Highway Capacity Manual - 1965, Special Report 87-HRB, 1965, cap. 6.
- Highway Capacity Manual - 1985, Special Report 209-TRB, 1985, cap. 9 e 12.
- Ismart, Dane. "*A Comparison of the 1985 Highway Capacity Manual and the Signal Operations Analysis Package 84*". Transportation Research Record 1091, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1986, p.109-146.
- ITE Journal. "*Left-Turn Phase Design in Florida*, Sept. 1982, p. 28-35.

- James, Dris. *"Turbo Pascal 4"*. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1988.
- JHK & Associates. *"Urban Signalized Intersections Capacity"*. NCHRP, Project 3-28(2), 1982.
- Johnsen, Ronald R. e Mathias, Judson S. *"Investigation to Determine the Capacity of Protected Left-Turn Movements"*. Highway Research Record 453, Highway Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1973, p.49-55.
- Lee, Clyde E. e Savur, Vivek S. *"Analysis of Intersection Capacity and Level of Service by Simulation"*. Transportation Research Record 699, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1979, p.34-41.
- Leite, José Geraldo Maderna. *"Engenharia de Tráfego: Métodos de Pesquisa, Características de Tráfego, Interseções e Sinais Luminosos"*. Companhia de Engenharia de Tráfego-C&T, São Paulo, 1980, cap. 4.
- Leutzbach, W. e Baron, P. *"Beiträge zur Theorie der Verkehrsflusses"*. Strassenbau and Strassenverkehrstechnik, n.86, Bundesanstalt für Strassenwesen, 5 Köln Raderthal, Bruhler Strasse 324, West Germany.
- Levison, Herbert S. *"Critical Movement Analysis for Shared Left-Turn Lanes"*. Transportation Research Record 1194, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.167-178.
- Lima, Vera Lúcia Strube de. *"Linguagem Pascal"*. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1983.



- Lin, Feng-Bor e Mazdeyasna, Farrokh. "*Delay Models of Traffic-Actuated Signal Controls*". Transportation Research Record 905, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1983, p.33-38.
- Lin, Feng-Bor. "*Timing Design of Signal Change Intervals*". Transportation Research Record 1069, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1986, pp.46-54.
- Lin, Feng-Bor, Cooke, Donald e Vijayatumar, Sangarana than. "*Utilization and Timing Signal Change Interval*". Transportation Research Record 1114, Transportation Research Board, National Research Council, D.C., 1987, p.86-95.
- Manual de Estudios de Ingenieria de Transito. Representaciones y Servicios de Ingenieria, S.A., México, 1971, p.10-25.
- Manual on Traffic Surveys. United Nations, New York, 1971, p.1-22.
- Manual on Uniform Traffic Control Devices. FHWA, U.S. Department of Transportation, 1978.
- May, A.D., Jr. "*Gap availability studies*". highway Research Record 72, Highway Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1965, p.101-136.
- May, Adolf D., Gedizliogh, Ergun e Tai, Lawrence. "*Comparative Analysis of Signalized-Intersection Capacity Methods*". Transportation Research Record 905, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1983, p.118-127.

- McCoy, Patrick T. e Navarro, Ulises. *"Additional Lost-Time Caused by Permitted Left-Turns"*. Transportation Research Record 1112, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1987, p.39-44.
- Measuring Traffic Volumes. Procedure Manual 3A. Public Administration Service. Chicago, 1958, p.1-15.
- Messer, C.J. e Fambro, D.B. *"Critical Lane Analysis for Intersection Design"*. Transportation Research Record 644, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1977, p. 26-35.
- Messer, C.J. *"Guidelines for Signalized Left-Turn treatments"*. Implementation Package FGWA-IP-81-4, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1981, tab. 1.
- Michalopoulos, Panos G., O'Connor Jerome e Novoa, Sérgio M. *"Estimation of Left-Turn Saturation Flows"*. Transportation Research Record 667, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1978, p.35-41.
- Michalopoulos, Panos G. e Plum, Roger. *"Determining Capacity and Selecting Appropriate Type of Control at One-Lane Two-Way Construction Sites"*. Transportation Research Record 905, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1983, p.105-114.
- Miller, A.J. Setting for Fixed-Cycle Traffic Signal. Operational Research Quarterly. Vol.14, 1963.
- Miller, A.J. *"The Capacity of Signalized Intersections in Australia"*. Australian Road Research Board, Bull. 3, 1968.

Morales, Juan. *"Analytical Procedure for Estimating Freeway Traffic Congestion"*. Transportation Research Circular 344: Traffic Management for Freeway Emergencies and Special Events. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1989, pp.38-46.

Najafi, Fazil J. *"Sketch Planning Process of Urban Isolated Signalized Intersection Improvements"*. Transportation Research Record 1160, Transportation Board, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.78-89.

National Cooperative Highway Research Program. *"Examples of Traffic - Control Measures Used in Three Cities for Pedestrians"*. Appendix A, Synthesis of Highway Practice 139, Transportation Research Record, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.63-69.

National Cooperative Highway Research Program. *"Examples of Warrants for Crosswalks, Traffic Signals and Pedestrian Signals"*. Appendix B, Synthesis of Highway Practice 139, Transportation Research Record, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p.71-76.

NCHRP Signalized Intersection Capacity Methodology, Procedures, Project NCHRP 3-28 (2). JHK & Associates, Tucson, Arizona, 1983.

Newell, G.F. *"Approximation Methods for Queues with Application to Fixed-Cycle"*. Traffic Light. SIAM Review, vol.7, 1965.

Newell, G.F. *"Traffic and Transportation"*. American Elsevier Publishing Co., 1972.

- Oliver, R.M., e Newman, L. "Effect of trucks on freeway Flows!" Highway Research Record 15, Highway Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1962, (2):197-217.
- Parsonson, P.S. e Santiago, A.J. "Design Standards for Timing the Traffic Signal Clearance Period Must Be Improved to Avoid Viability". Compendium of Technical Papers, Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., 1980.
- Peterson, B.E. e Imre, E. *Beräkning av Kapacitet, Kölängd, fördröjning i vägtrafikanläggningar (Swedish Capacity Manual)*! Statens Vägverk, Stockholm, Sweden, 1977.
- Pignataro, Louis J. "Traffic Engineering: Theory and Practice". Prentice-Hall, Inc., Engleweed Cliffs, New Jersey, 1973, cap.13 e 23.
- Radwan, A. Essam e Kalevela, Sylvester A.F. "Investigation of the Effect of Change in Vehicular Characteristics on Highway Capacity and Level of Service". Transportation Research Record 1005, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985, p.65-71.
- Reilly, William R. e Gardner, Craig C. "Technique for Measuring Delay at Intersections". Transportation Research Record 644, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1977, p.1-7.
- Richardson, Anthony J. "A Delay Model for Multiway Stop-Sign Inrersections". Transportation Research Record 1112, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1987, p.107-114.

Roess, Roger P. "Level of Service Concepts: Development, Philosophies and Implications". Transportation Research Record 971, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1984, p.1-13.

Roess, Roger P. "Development of Analysis Procedures for Signalized Intersections in the 1985 Highway Capacity Manual". Transportation Research Record 1112, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. p.10-16.

Salter, R.J. "Highway Traffic Analysis and Design". Macmillan Education, London, 1976, cap.33,34,39,43 e 44.

Schildt, Herbert. "Turbo C: Guia do usuário". trad. Maria Cláudia de Oliveira Santos. Rev. Téc. Roberto Mayer. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1988, pág. 5.

Segundo, Benedito Pires Bezerra. "Semáforos - Uma aplicação de Webster". Departamento Nacional de Trânsito - DETRAN, Recife, 1985.

Signalized Intersection Capacity Study, Final Report, Project NCHRP 3-28(2), JHK & Associates, Tucson, Arizona, 1983.

Sofokids, H., Tilles, D.L. e Geiger, D.R. "Evaluation of Intersection-Delay Measurement Techniques". Highway Research Record 453, Highway Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1973, p.28-48.

Staa, Arndt Von. "Engenharia de Programas". Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1988.

Stokes, Robert W., Messer, Carrol J. e Stover, Vergil G.  
*"Saturation Flows of Exclusive Double Left-Turn Lanes"*.  
Transportation Research Record 1091. Transportation Research  
Board, National Research Council, Washington, D.C., 1986,  
p.86.

Sutaria, J.C. e Haynes, J.J. *"Level of Service of Signalized  
Intersections"*. Transportation Research Record 644,  
Transportation Research Board, National Research Council,  
Washington, D.C., 1977, p.107-113.

Teply, S. *"Highlights of the Canadian Capacity Guide for  
Signalized Intersections"*. Transportation Research Record  
1005, Transportation Research Board, National Research Council,  
Washington, D.C., 1985, p.20-27.

Transportation and Traffic Engineering Handbook. Institute  
of Traffic Engineers, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs,  
New Jersey, 1976, cap. 7, p.10 e 14.

Transportation Research Circular 212: Interim Materials on  
Highway Capacity. Transportation Research Board, National  
Research Council, Washington, D.C., 1980, p.5-36 e 272.

Underwood, R. T. *"Speed, volume and density relationships"*.  
Quality and Theory of Traffic Flow, Bureau of Highway Traffic,  
Yale University, New Haven, Conn., 1961, p.141-187.

Upchurch, Jonathan E. *"Guidelines for Selecting Type of  
Left-Turn Phasing"*. Transportation Research Record 1069,  
Transportation Research Board, National Research Council,  
Washington, D.C., 1986, p.30-38.

- Virkler, M.R. "*Pedestrian Flows at Signalized Intersections*".  
Transportation Research Record 847, Transportation Research  
Board, National Research Council, Washington, D.C., 1982,  
p.72-77.
- Virkler, M.R. e Guell, D.L. "*Pedestrian Crossing-Time at  
Intersections*". Transportation Research Record 959,  
Transportation Research Board, National Research Council,  
Washington, D.C., 1984, p.47-50.
- Wortman, Robert H., Witkowski, James M. e Fox, Thomas C.  
"*Traffic Characteristics During Signal Change Intervals*".  
Transportation Research Record 1027, Transportation Research  
Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985,  
p.4-6.
- Wortman, R.H. e Fox, T.C. "*Reassessment of the Traffic Signal  
Change Interval*". Transportation Research Record 1069, Transportation  
Research Board, National Research Council, Washington, D.  
C., 1986, p.62-68.
- Webster, F.V. "*Traffic Signal Settings*". U.K. Transport e  
Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, England,  
TRRL Tech. paper 39, 1958.
- Webster, F.V. e Cobbe, B.M. "*Traffic Signal*". U.K. Transport  
and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, England,  
TRRL Tech. paper 56, 1966.
- Williams, W.L. "*Driver Behavior During the Yellow Interval*".  
Transportation Research Record 644, Transportation Research  
Board, National Research Council, Washington, D.C., 1977,  
75-78.

- Wohl, Martin and Martin, Brian. *Traffic System Analysis for Engineers and Planners*. McGraw-Hill Book Company, New York, 1967, cap. 14.
- Yagar, Sam. *Capacity of a Signalized Road Junction: Critique and Extensions*. Pergamon Press, London, 1974, Trans. Res., vol.8, p.137-147.
- Yu, Jason C. e Vandyke, Henry C. *Effect of Parking Maneuver on Intersection Capacity*. Traffic Engineering, 1973, p. 44-49.
- Zecker, John D. *Field Validation of Intersection Capacity Factors*. Transportation Research Record 1091, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1986, p.67-77.



## APÊNDICE I

### SUGESTÕES GEOMÉTRICAS PARA INTERSEÇÕES- UMA ESTIMATIVA DE ELEMENTOS DE PROJETO

Estas sugestões podem ser aplicadas onde a análise indique deficiências no projeto geométrico da interseção e que podem ser corrigidas operando mudanças neste projeto. Este apêndice, contudo, ao ser utilizado deve ser levado em consideração os padrões e critérios do local ao qual pertence a interseção.

O projeto geométrico de uma interseção envolve diversas decisões importantes, no que diz respeito ao número e uso de faixas a serem fornecidas a cada aproximação. Em especial os seguintes casos se sobressaem:

#### 1. *Faixas de convergência à esquerda exclusivas:*

Estas faixas são fornecidas para acomodar movimentos de convergências à esquerda muito carregados sem que os mesmos experimentem bloqueio de veículos diretos e de convergências à direita. O fornecimento de uma faixa de convergência à esquerda exclusiva permite o uso de um faseamento de convergência à esquerda protegido e possibilita o armazenamento de veículos de convergência à esquerda, formando filas sem interromperem outros movimentos. As seguintes sugestões são feitas para o fornecimento de faixas de convergência à esquerda exclusivas:

1.1. onde houver necessidade de um faseamento de convergência à esquerda protegido, deve ser fornecida, também, uma faixa de convergência à esquerda exclusiva.

1.2. onde o espaço permitir usar uma faixa de convergência à esquerda, deve ser considerada esta possibilidade nos casos onde os volumes de convergência à esquerda excedem 100 vph. As faixas de convergência à esquerda podem ser fornecidas para volumes mais baixos, como também, baseado no julgamento das necessidades da prática local e/ou do estado.

1.3. onde os volumes de convergência à esquerda excedem 300 vph, o fornecimento de faixas duplas de convergência deve ser considerado.

1.4. o comprimento da bainha de armazenamento deve ser suficiente para acomodar o tráfego sem reduzir a segurança e a capacidade da aproximação. Um método para estimar o comprimento necessário da bainha de armazenamento é resumido nas figuras e tabelas que encerram este item.

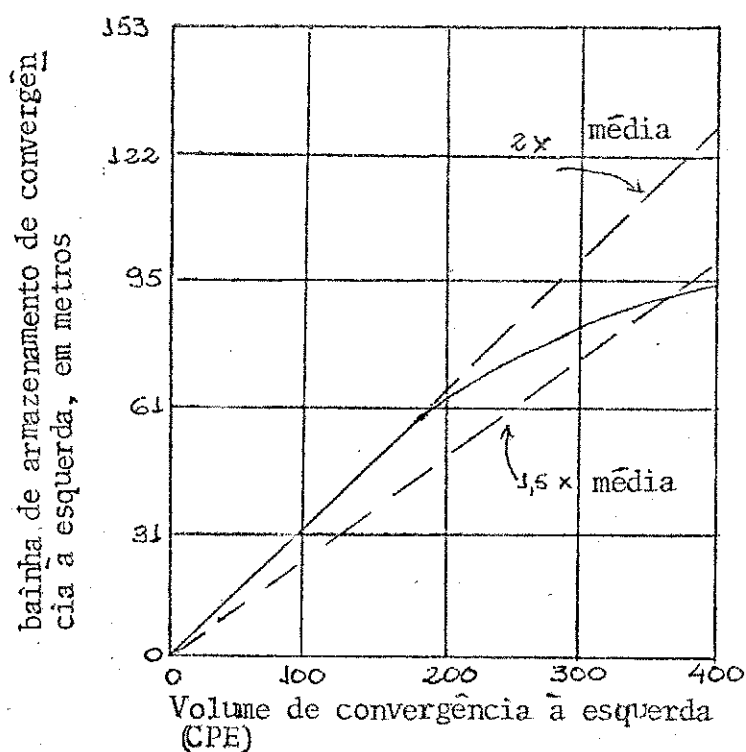
A figura 1 mostra o relacionamento entre o volume de convergência à esquerda (expresso em carro-passeio equivalente) e o comprimento da bainha de armazenamento de convergência à esquerda. Este relacionamento é baseado em chegadas randômicas e 5% de possibilidade que a bainha de armazenamento retenha tráfego de um ciclo anterior.

Os carros-passeio equivalentes de convergência à esquerda são de acordo com a tabela 1.

O valor obtido na figura 1 é para um comprimento de ciclo de 75 segundos e para uma taxa v/c de 0.80. Para

outros valores, o comprimento da baihna de armazenamento ob<sub>u</sub> tido da figura 1 deve ser multiplicado por um fator de cor<sub>u</sub> reção obtido na tabela 2 deste ítem. A taxa v/c para os gru<sub>u</sub> pos de faixas de convergência à esquerda é calculada no for<sub>u</sub> mulário da análise de capacidade da análise operacional.

Figura 1 - Comprimento da baihna de armazenamento x volume de convergência.



Fonte: Messer, C.J. "Guidelines for Signalized Left-Turn, Treatments, Implementation Package FGWA-IP-81, Federal Highway Administration, Washington, D.C. 1981, fig. 2. Repetida na fig. 1-9-1, cap. 9. HCM-85.

Tabela 1 - Carro-passeio equivalente para convergência à esquerda.

Tipo de Convergência	Volume oposto	
	(VPH)	(CPE)
Protegido	-	1.05
Tolerado	0 a 199	1.1
	200 a 599	2.0
	600 a 799	3.0
	800 a 999	4.0
	≥ 1000	5.0

Fonte: pág. 9-64, cap.9 - HCM-85.

Tabela 2 - Fatores de correção do comprimento da bainha de armazenamento de convergências à esquerda.

Taxa v/c, X	Comprimento do ciclo, C (seg)				
	60	70	80	90	100
0.50	0.70	0.76	0.84	0.89	0.94
0.55	0.71	0.77	0.85	0.90	0.95
0.60	0.73	0.79	0.87	0.92	0.97
0.65	0.75	0.81	0.89	0.94	1.00
0.70	0.77	0.84	0.92	0.98	1.03
0.75	0.82	0.88	0.98	1.03	1.09
0.80	0.88	0.95	1.05	1.11	1.17
0.85	1.09	1.06	1.18	1.24	1.31
0.90	1.17	1.26	1.40	1.48	1.56
0.95	1.61	1.74	1.92	2.03	2.14

Fonte: Messer, C.J. "Guidelines for Signalized Left-Turn treatments", Implementation Package FHWA-IP-81-4, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1981, tabela 1. Repetida na tab.1.9-1, cap. 9 - HCM-85.

## 2. *Faixas de convergência à direita exclusivas:*

As faixas de convergência à direita exclusivas são fornecidas pelas mesmas razões que as faixas de convergência à esquerda. As convergências à direita, no entanto, geralmente são realizadas com mais frequência do que as convergências à esquerda, apesar das primeiras conflitarem com os fluxos de pedestres, não conflitam com o fluxo veicular. Como sugestão geral, uma faixa de convergência à direita exclusiva deve ser considerada quando o volume de convergência à direita excede 300 vph e o volume da faixa principal adjacentes também excede 300 vph por faixa.

## 3. *Número e largura de faixas:*

O número de faixas necessárias para uma aproximação depende de uma variedade de fatores, incluindo o plano físico do semáforo. Em geral, as faixas necessárias para a via principal devem ser fornecidas de tal forma que o volume total de convergência à direita (mais o volume de convergência à esquerda, se existir) não exceda 450 vph por faixa. Os volumes mais altos podem ser acomodados nas aproximações principais onde uma porção substancial de verde disponível pode ser alocada. Onde o número de faixas for desconhecido, isto representa um ponto de partida para a análise e cálculos.

Quando a largura da faixa é desconhecida, a faixa padrão de 3,7 metros deve ser considerada, à menos que restrições conhecidas não permitam esta largura. As condi

ções de estacionamento devem ser consideradas de acordo com a prática local. Se não existirem informações sobre estacionamento e paradas locais de ônibus, nenhum estacionamento ou parada local de ônibus deve ser considerado para propósito de análise.

## APÊNDICE II

### SUGESTÕES DE SEMAFORIZAÇÃO - ESTABELECIMENTO DE PROJETO DO SEMÁFORO PARA USO NA ANÁLISE OPERACIONAL

O projeto de um semáforo é algo complexo que envolve três determinações básicas:

1. *O tipo de controlador do semáforo a ser usado, isto é, atuado ou pré-determinado.*

Há três tipos gerais de controle de semáforo disponíveis:

1.1. *Controle pré-determinado:* neste controle, os tempos do semáforo desempenham uma sequência de fases em ordem repetitiva. Cada fase tem um tempo de verde e intervalo de troca fixos que é repetido em cada ciclo. O comprimento do ciclo é constante.

Este controle é a forma de semaforização mais barata e simples. Em certas situações, ele é menos eficiente do que o controle atuado, porque ele não pode responder a mudanças na demanda quando estas ocorrem. Onde os semáforos fazem parte de um sistema de semaforos progressivo, o controle pré-determinado é geralmente eficiente, porque o comprimento do ciclo e a iniciação de verde devem ser mantidos inalterados para a progressão existir.

1.2. *Controle semi-atuado:* os detectores de veículos são alocados somente na via secundária. A condição principal é que o semáforo sempre esteja verde para a via principal, a menos que a atuação da via secundária seja recebida.

Uma vez atuado, o verde permanece na via secundária se atuações adicionais são recebidas dentro do atual intervalo, sujeito a uma limitação máxima de verde. Quando o verde retorna a via principal, ele permanece até que outra atuação da via secundária seja recebida, sujeito a uma limitação mínima de verde para a via principal antes que a via secundária o receba novamente. Este tipo de controle de semáforo geralmente opera num plano bifásico, podendo ocorrerem casos de um faseamento de convergência à esquerda na via principal. Frequentemente usado em interseções com demanda baixa a moderada, nestes casos há brechas insuficientes na corrente de tráfego principal para que o tráfego da via secundária possa trafegar com segurança na interseção. Eles podem ser usados em sistemas progressivos de semáforos, mas isto não é feito porque a iniciação de verde da via secundária está sujeita aos tempos atuais, e os semáforos devem ser coordenados.

1.3. *Controle atuado*: neste caso todas as aproximações possuem detectores de veículos. Cada fase está sujeita a um tempo máximo e mínimo de verde, algumas fases podem até serem omitidas se a demanda não for detectada. Uma fase é terminada quando não houver mais atuações dentro de um tempo de intervalo específico, ou quando o tempo máximo de verde tiver sido alcançado. O comprimento do ciclo do semáforo varia de ciclo-a-ciclo.

Este controle é mais flexível do que os outros tipos de controles já mencionados. Ele permite um ajustamento de faseamento de ciclo-a-ciclo e sequência de fases em



respostas as mudanças de demanda. Assim, o controle atuado é mais eficiente, o uso de verde disponível não permite excesso ou desperdício de verde em cada fase se a demanda estiver presente em outra. Este tipo é mais usado em interseções isoladas que não estão coordenadas com outros semáforos como parte de um sistema progressivo. Posteriormente, estes semáforos atuados serão substituídos para que a interseção individual opere dentro de um sistema progressivo com o objetivo de obter máxima eficiência.

Nos sistemas de semáforos controlados por computador, as interseções individuais geralmente operam de acordo com um plano pré-determinado que é escolhido e inicializado pelo computador. Alguns sistemas de computadores fornecem planos para ambos controles coordenados e atuados.

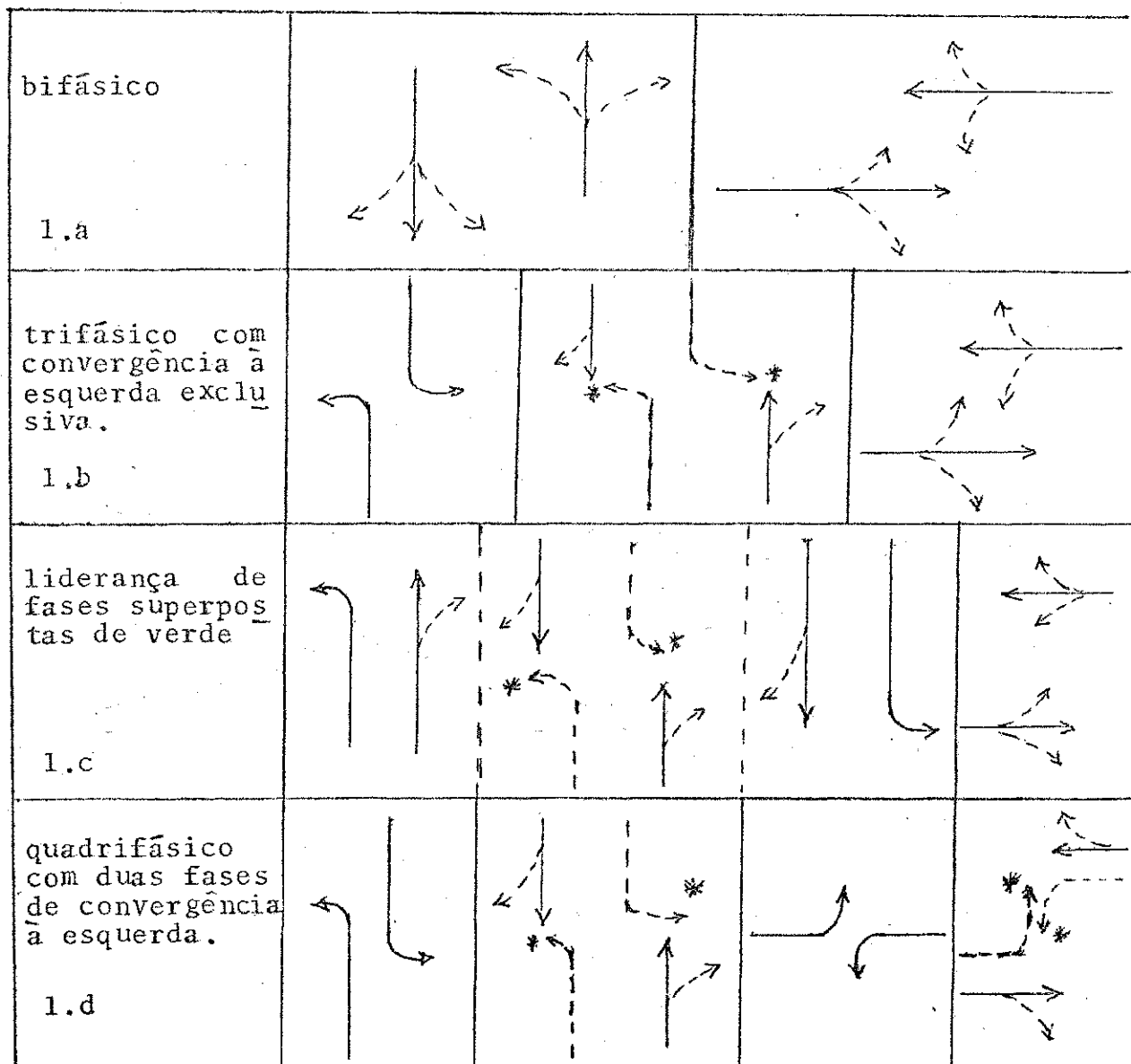
## 2. *O plano de fase a ser adotado*

O aspecto mais crítico de qualquer projeto de semáforo é a escolha do plano fásico mais adequado. O plano fásico envolve a determinação do número de fases a ser usada, e a sequência a qual elas serão operadas. De maneira geral, um controle bifásico deve ser adotado, à menos que as condições exijam a implementação de fases adicionais, porque o intervalo de troca entre as fases contribui para o acréscimo de tempo perdido no ciclo, e como o número de fases aumenta, o percentual de tempo perdido no ciclo também aumenta.

A figura 1 mostra um número de planos de fase comuns que podem serem usados tanto por controladores atuados

quanto por controladores pr e-determinados, e a figura 2 mostra um esquema de faseamento "opcional" que pode ser usado para controladores atuados.

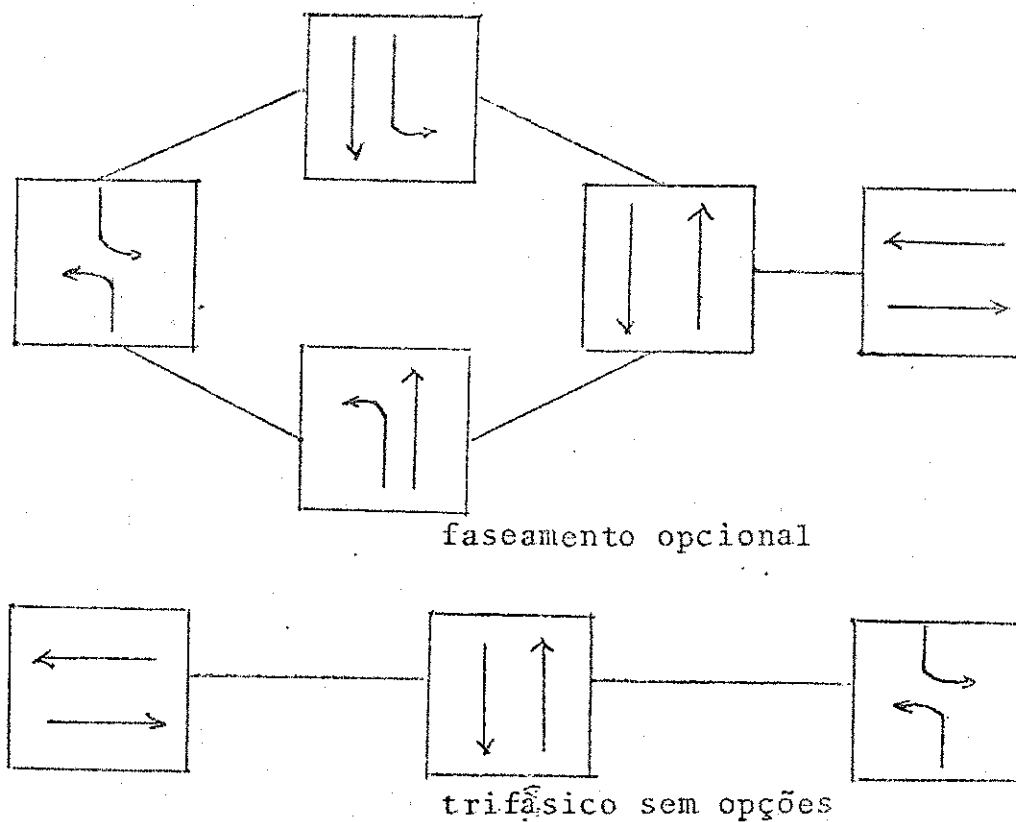
Figura 1 - Planos f asicos comuns para controladores pr e-determinados e atuados.



\* movimento opcional.

Fonte: Fig. II-9-1, cap. 9 do HCM-85.

Figura 2 - Um plano fásico opcional para controle atuado.



Fonte: Fig. II-9-1, cap. 9 do HCM-85.

O plano bifásico é mais simples e direto. À cada uma das vias que compõem a interseção é dada uma fase de verde durante a qual todos os movimentos são permitidos, sendo que todas as convergências são feitas com base tolerada contra os veículos opostos ou o fluxo de pedestres.

O controle multifásico é adotado em qualquer interseção onde uma ou mais convergências necessitam de um faseamento protegido. Geralmente são as convergências à esquerda que necessitam deste tipo de faseamento. Os volumes que, geralmente, precisam de faseamento protegido estão no intervalo de 100 a 200 vph convergindo à esquerda. O faseamento de convergência à esquerda é, também, considerado onde a velo-

cidade do tráfego oposto excede a 65 km/h.

O controle multifásico, ou seja, com mais de duas fases, é fornecido de diversas maneiras, dependendo do número de convergências com faseamento protegido necessárias e as sequências e superposições de fases utilizadas. As figuras 1(b), 1(c) e 1(d) apresentadas anteriormente mostram três planos de fase comuns para o controle multifásico.

A figura 1(b) ilustra um plano de fase no qual é fornecido uma fase de convergência à esquerda para todos os movimentos desta natureza na via principal, sendo seguida por uma fase dedicada aos movimentos diretos e de convergência à direita, durante a qual as convergências à esquerda podem ser feitas com base tolerada. O uso de fases de convergência à esquerda toleradas seguidas de fases de convergência à esquerda protegidas é mais uma escolha da prática local; já que se pode preferir, em outros casos, somente ter planos de fase protegidos.

A figura 1(c) se refere a superposição de fases de verde de movimentos que lideram a interseção. A fase inicial é uma fase para movimentos diretos e de convergência à esquerda em uma direção da via principal, seguida por uma fase de diretos para ambas direções, durante a qual as convergências à esquerda são toleradas. A fase final acomoda todos os movimentos da via secundária.

A figura 1(d) apresenta um plano trifásico que pode ser expandido para um plano quadrifásico se as vias envolvidas exigirem fases de convergência à esquerda.

A figura 2 mostra um plano multifásico que pode ser

implementado em controladores atuados, porque inclui uma fase opcional. A fase inicial é uma fase de convergência à esquerda exclusiva para a via principal, seguida por uma fase de verde liderada pelo fluxo da via principal de maior demanda de convergência à esquerda. Os detectores determinam qual a direção que deve tomar esta fase ciclo-a-ciclo. Logo em seguida, para finalizar a sequência do faseamento, uma fase para movimentos diretos da via principal e uma fase para acomodar todos os movimentos da via secundária. Este tipo de faseamento é mais flexível do que o faseamento mostrado na parte inferior da figura 2; uma vez que este último permite expandir e fornecer fases de convergência à esquerda em ambas as vias.

Os planos fásicos apresentados neste Apêndice representam exemplos de faseamentos mais usados.

### 3. A alocação do tempo de verde:

Uma vez que o plano e o tipo do sinal estejam determinados, a alocação de tempo de verde pode ser estimada da seguinte maneira:

3.1. utiliza-se a equação 1 para determinar a taxa de fluxo crítica da interseção:

$$X_c = \sum_i (v/s)_i C / (C-L) \quad (1)$$

onde:

$X_c$  é a taxa de fluxo crítica da interseção, em vph;

- $\sum_i (v/s)_i$  é o somatório das taxas dos fluxos críticos da interseção, que podem ser estimadas ou retiradas da própria análise operacional, no caso de um re dimensionamento de um semáforo, em vph;
- C é o comprimento do ciclo, em segundos; e
- L é o tempo permitido, que é considerado igual a intervalos de troca, adotado geralmente entre 3 e 5 segundos por fase, em segundos.

Caso  $X_c$  da interseção seja estimada pelo analis- ta, há possibilidade de uma inversão na equação 1 para se obter o comprimento do ciclo mínimo:

$$C = LX_c / [X_c - \sum_i (v/s)_i]$$

3.2. utiliza-se, então a equação 2 para obter o tempo de verde de uma determinada fase,  $g_i$ :

$$g_i = (v/s (C/X_i)) \quad (2)$$

onde:

$g_i$  é o tempo de verde efetivo para o grupo de faixa i, em segundos; e

$X_i$  é a taxa de fluxo do grupo de faixa i, em vph.

Sendo assim, os comprimentos de ciclo e tempo de ver de podem ser estimados usando o relacionamento das taxas de fluxo estimadas ou obtidas a partir do módulo da análise de capacidade, contido na análise operacional.

Este procedimento é válido para todos os tipos de se

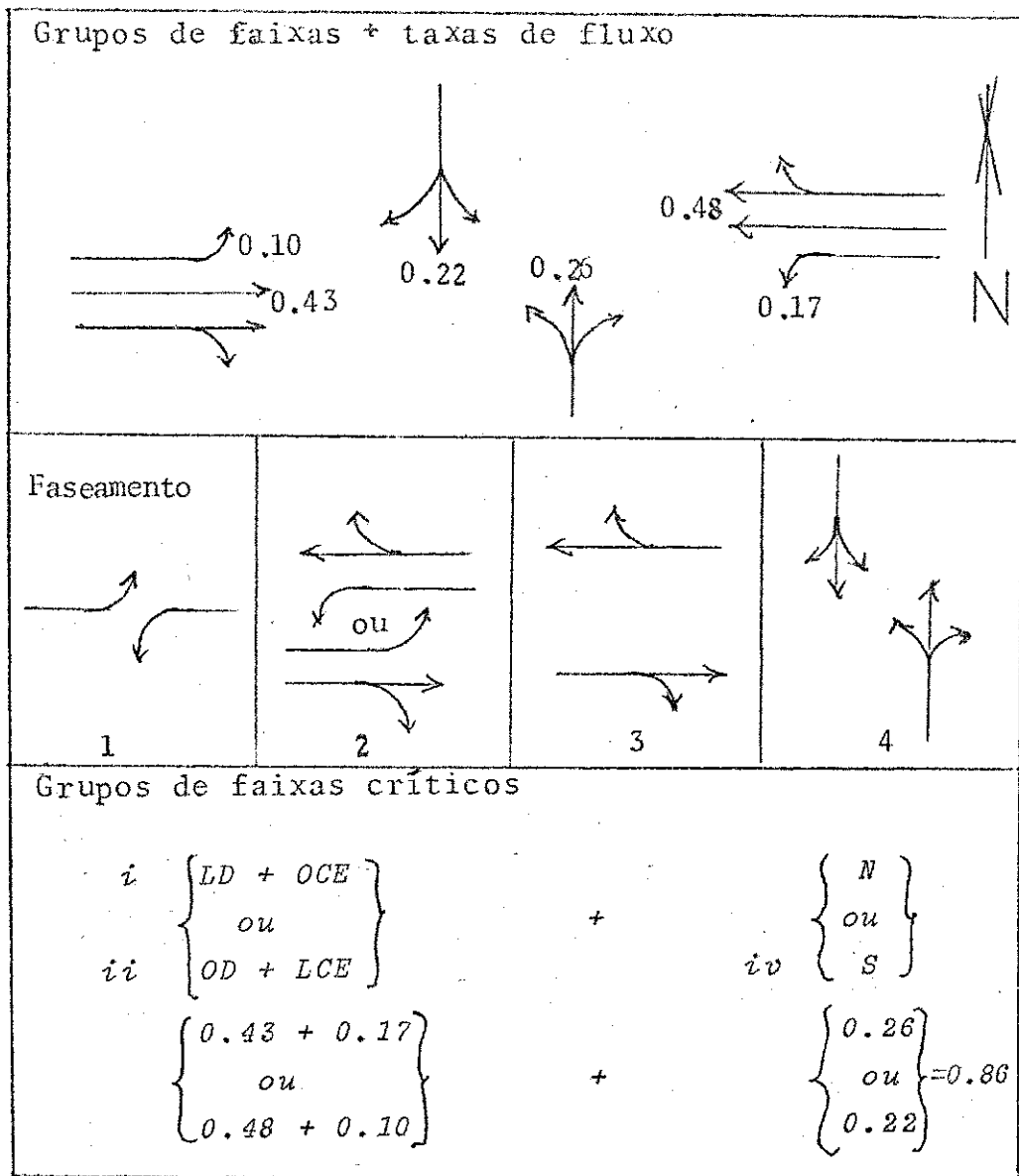
máforos. Nos semáforos pré-determinados, os tempos de verde fixos e comprimentos de ciclo podem ser determinados usando as equações 1 e 2. Nos semáforos semi-atuados o procedimento é similar, sendo que os tempos de verde e comprimento de ciclo variam de ciclo-a-ciclo, então os cálculos estimam o faseamento médio para o período de fluxo sob estudo. Logo, o procedimento é o mesmo que o anterior para este tipo de semáforo, lembrando que a via secundária neste caso possui um tempo de verde mínimo possível, isto é,  $X$  (da via secundária) é 1,00. Note que este Apêndice não pretende fornecer sugestões para tempos máximos e mínimos de verde, mas estimar um faseamento médio do semáforo para incluí-lo nos procedimentos de análise de capacidade. Devido o semáforo ser semi-atuado, o comprimento do ciclo não é arredondado nos cálculos e o tempo de verde da via secundária é estimado usando o valor de  $X$  igual a 1,00.

O faseamento médio dos semáforos atuados podem ser estimados usando as equações 1 e 2.

A figura 3 ilustra um problema de superposição de fases complexas. Note que o ciclo contém uma fase opcional; a segunda fase é a líder de verde no sentido Leste-Oeste, sendo que a taxa de fluxo Oeste é maior do que a Leste, e neste caso, será considerado que em média esta fase de verde é liderada pelo fluxo Oeste.

Nesta sequência de fases superpostas, a soma das taxas de fluxo de faixa crítica não é óbvia, sendo assim, a parte inferior da figura 3 ilustra possíveis combinações, que indicam que os grupos de faixa críticos são o do Leste

Figura 3 - Faseamento de um sinal atuado com fases se superpondo.



- i ) LD+OCE (movimento direto Leste mais o movimento de convergência à esquerda Oeste).
- ii ) OD+LCE (movimento direto Oeste mais o movimento de convergência à esquerda Leste)
- iii ) N (todos os movimentos da aproximação Norte)
- iv ) S (todos os movimentos da aproximação Sul)

Fonte: fig. 11.9-3, cap.9-HCM-85.



(movimentos diretos), o do Oeste (com convergência à esquerda), e o do Norte (movimentos diretos e de convergência).

*Procedimento de cálculo:* para facilitar o dimensionamento dos semáforos apresentados neste Apêndice, um resumo de cada um dos cálculos é feito:

*Sinais com tempo pré-determinado:*

1. estima-se o comprimento do ciclo mínimo absoluto usando a equação 1 e fazendo  $X_c = 1.0$ .

2. estima-se o comprimento do ciclo para a taxa v/c crítica desejada,  $X_c$ , usando a equação 1.

3. dos resultados anteriores, seleciona-se o comprimento do ciclo apropriado para o semáforo. Onde o sistema restringir o comprimento do ciclo, os passos 1 e 2 podem ser eliminados.

4. estimar os tempos de verde usando a equação 2 e taxas v/c,  $X_v$ , dos grupos de faixas, apropriados a política local de proporcionalidade adotada.

5. Verificar o faseamento para ter-se certeza de que a soma dos tempos de verde mais o tempo perdido é igual ao comprimento do ciclo. Incluir tempos de verde sobrepostos uma vez só na soma.

*Semaforos semi-atuados:*

1. estimar o comprimento médio do ciclo usando a equação 1 e a taxa v/c crítica,  $X_c$ , no intervalo de 0.80 a 0.90.

2. adotar o tempo de verde para a via secundária usando a equação 2 e a taxa  $v/c$ ,  $X$ , de 1.0.

3. considerar o tempo de verde restante como sendo da via principal.

4. verificar o faseamento para se certificar de que a soma dos tempos de verde mais o tempo perdido é igual ao comprimento do ciclo. Incluir tempos de verde superpostos somente uma vez na soma.

*Semáforos atuados:*

1. estimar o comprimento médio do ciclo usando a equação 1 e a taxa  $v/c$  crítica,  $X_c$ , igual a 0.95, pois considera-se que este tipo de semáforo possui um uso de verde disponível extremamente eficiente. O valor do ciclo não é arredondado nos cálculos.

2. determinar os tempos de verde das faces individualmente pela equação 2, considerando o grupo de faixas que lidera o verde da fase.

Este Apêndice apresenta um conjunto de informações que podem auxiliar no dimensionamento ou redimensionamento de semáforos. Por ser um assunto complexo não pode ser abordado completamente, além disto, critérios locais ou estaduais, padrões, políticas e práticas da região onde se situa a interseção devem ser considerados no desempenho dos projetos de semáforos. Portanto, a informação apresentada neste Apêndice tem somente a pretensão de auxiliar na análise simplificada, ao estimar o projeto ou faseamento do

semáforo para uso na análise de capacidade de interseções  
semaforizadas.

## APENDICE III

### MEDIDA DIRETA DAS TAXAS DE FLUXO DE SATURAÇÃO PREVALECENTES

Como uma alternativa aos cálculos da taxa de fluxo de saturação prevalecente, calculadas no módulo 3 da análise operacional, a taxa de fluxo de saturação pode ser obtida diretamente no campo e utilizando-a como substituta para o módulo da taxa de fluxo de saturação.

Um formulário é desenvolvido especialmente para este caso sendo apresentado na figura 1 que se encontra neste Apêndice. Para completar este formulário é recomendável o recrutamento de duas pessoas para o campo, uma sendo responsável pelo tempo e a outra fazendo observações. Para facilitar o entendimento do preenchimento deste formulário, o assunto será exposto em partes:

#### *Tarefas Gerais:*

1. completar o cabeçalho do formulário completamente.
2. se posicionar em um ponto onde a linha de parada dos veículos, a faixa de travessia de pedestres e o semáforo sejam claramente visíveis.
3. escolher um ponto de referência, que geralmente é uma faixa de pedestres ou a linha de parada de veículos na interseção. Quando o veículo, que pararia através deste ponto de referência chegasse a atravessá-lo, ele teria então entrado na interseção.

4. estabelecer um estudo para cada ciclo.

*Observador*

*Tarefas:*

1. anotar o último veículo parado na fila quando o se máforo apresentar a fase de verde.
2. informar sobre esse último veículo ao indivíduo mar cador de tempo.
3. anotar quais os veículos que são pesados e quais os veículos que são de convergências.
4. escrever o tempo anotado pelo marcador de tempo.

*Marcador*

*Tarefas:*

1. começar a marcar o tempo no início da fase de ver de e comunicar ao observador.
2. contar em voz alta cada veículo na fila, assim que atravessar o ponto de referência o seu eixo trazeiro.
3. anotar os tempos do quarto, décimo, e último veícu los na fila, podendo ser feito isto durante a partida dos mesmos com um cronômetro comum. Alguns cronômetros mais no vos e sofisticados com memória permitem anotar este tempo após a fila ter se dissipado. Se houver entre 12 a 18 veícu los na fila usar o tempo inicial para o cálculo de satura ção o tempo do 4º veículo. Se houver mais veículos usar o tempo inicial como o do 10º veículo e o final o do 20º veí culo. Isso é feito para se obter um fluxo médio.

Figura 1 - Formulário para a observação direta da taxa de fluxo de prevalectente.

**Formulário de Estudo de Campo do Fluxo de Saturação**

Local: \_\_\_\_\_

Data : \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ . Tempo: \_\_\_\_ . Cidade: \_\_\_\_\_

Sentido do tráfego: Aproximação do: \_\_\_\_\_


Observadores: \_\_\_\_\_ . Tempo: \_\_\_\_\_

Movimentos tolerados Identifica todos os movimen-  
tos de faixa e a faixa estu-  
dada.

Direto

Conv. à direita

Conv. à esquerda



Veículos da fila	Ciclo 1			Ciclo 2			Ciclo 3			Ciclo 4			Ciclo 5			Ciclo 6		
	Tempo	VP	C	Tempo	VP	C	Tempo	VP	C	Tempo	VP	C	Tempo	VP	C	Tempo	VP	C
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
Fim de saturação																		
Fim de verde																		
Nº veic. > 20																		
Nº veic. no amarelo																		

W = Veículos pesados (com mais de quatro eixos)  
 C = Veículos de convergência (E = esquerda, R = direita)  
 Pedestres e ônibus que bloqueiam veículos devem ser anotados com o tempo que eles bloqueiam o tráfego, isto é:  
 $P_{12}$  = tráfego bloqueado por pedestres por 12 seg.  
 $B_{15}$  = tráfego bloqueado por ônibus por 15 seg.

Greide \_\_\_\_\_ Tipo de área \_\_\_\_\_

4. se a fila de veículos ainda estiver entrando na interseção no fim da fase de verde, anotar o número de veículo que foi o último a atravessar este fim de verde.

Note que qualquer um dos fatores que se seguem influenciam na taxa de fluxo de saturação, tais como ônibus locais, veículos pesados, largura e greide da faixa a ser atravessada e o tipo de área, que se possível devem ser estudados.

O período definitivo como o fluxo de saturação quando o eixo trazeiro de um veículo, que é o primeiro de uma fila, atravessa o ponto de referência escolhido e termina quando o eixo trazeiro do último veículo de uma fila, presente no início da fase de verde, atravessa o mesmo ponto. As medidas são tomadas por ciclo e por faixa.

Para reduzir os dados, o tempo marcado para o primeiro veículo da fila é subtraído do tempo marcado para o último veículo desta fila. Este valor é o headway (intervalo de tempo) total para  $n-4$  veículos, onde  $n$  é o número total de veículos na fila no começo da fase da verde. O headway total é dividido por  $n-4$  para se obter o headway médio por veículos sob o fluxo de saturação prevalecente. O headway médio tem que ser transformado de seg./veíc. para veíc./h por tempo de verde por faixa, sendo então, 3600 dividido por este valor.

Para o melhor entendimento do procedimento, o seguinte exemplo é formulado: se o tempo do quarto veículo foi observado como sendo 10,2 segundos, e o tempo do 14º e último veículo da fila sendo de 36,5 segundos, o headway médio de

saturação por veículo seria:

$$(36,5 - 10,2) / (14-4) = 26,3/10 = 2,63 \text{ seg./veic.}$$

e a taxa de fluxo de saturação seria

$$\frac{3600}{2,63} = 1.369 \text{ vphpf}$$

Fonte: HCM-85, pág.9-74



## APÊNDICE IV

### MEDIDA DIRETA DE DEMORA DE INTERSEÇÕES EM CAMPO

Como uma alternativa para a estimativa de demora média parada por veículo usando a equação de demora 3.30 do módulo do nível de serviço da análise operacional e o fator de progressão da tabela 3.13 do item 3.3.2.1, as demoras podem ser medidas diretamente, incluindo o uso de observações de carro-teste e a anotação dos volumes de chegada e partida ciclo-a-ciclo. O método apresentado neste Apêndice é baseado na observação direta de contagens de veículos parados na interseção, que é a aproximação mais comum da medida direta da demora de uma interseção.

A figura 1 deste Apêndice mostra um formulário para ser usado para anotar as observações e os cálculos de demora média parada. Os seguintes passos devem ser observados:

1. identificar as filas mais extensas durante o período de interesse. Este ponto deve ser anotado e usado como o limite de contagem de "veículos parados".

2. em intervalos regulares entre 10 e 20 segundos, o número de veículos parados dentro da interseção são contados. Somente os veículos parados são contados. Os limites da interseção (para o grupo de faixas sob observação) são o limite da fila identificado no passo 1 e o limite de saída da interseção. As contagens de veículos parados são colocadas no formulário em seus retângulos apropriados. Os minutos são

anotados na coluna mais à esquerda do formulário, e os segundos na parte superior do formulário.

3. durante todo o período de estudo, uma contagem de volume deve ser mantida, contando-se os veículos assim que eles atravessem a linha de parada do grupo de faixas em estudo.

4. somar cada coluna de contagem; somar os totais das colunas para calcular o total de todas as observações de densidade no período de estudo.

5. a demora média por veículo pode ser calculada pela equação 1:

$$\text{demora} = (\sum V_s \times I) / V \quad (1)$$

onde:

$\sum V_s$  é a soma das contagens de veículos parados;

$I$  é o intervalo entre as contagens, em segundos ; e

$V$  é o volume total observado durante o período sob estudo.

Para o melhor entendimento do cálculo de medida direta de demora, o seguinte exemplo é formulado:

Considere os seguintes dados obtidos durante um período de estudo de 10 minutos de um dado grupo de faixas da interseção:



Minutos	Segundos		
	+0	+20	+40
5.00 p.m.	2	4	2
5.01	3	5	0
5.02	6	3	5
5.03	4	5	3
5.04	2	2	4
5.05	4	4	6
5.06	5	2	1
5.07	1	3	2
5.08	4	4	3
5.09	2	6	2
	33	+ 38	28 = 99

então  $\Sigma V_s = 99$  veículos parados e o volume observado durante o período de estudo foi de 50 veículos. A demora média parada por veículo é então computada como:

$$\text{Demora} = 99 \times 20 / 50 = 40 \text{ seg./veículo}$$

Fonte: HCM-85, pág. 9-72

## APENDICE V

### EFEITO DE ÔNIBUS EM ARTÉRIAS

Os efeitos redutivos de paradas locais de ônibus no trânsito pode ser estimado como segue:

1. onde os ônibus pararem em uma faixa que não é usada pelo tráfego em movimento (faixa de estacionamento por exemplo), o tempo perdido para os outros veículo é de aproximadamente 3 a 4 segundos por ônibus.

2. onde as paradas de ônibus locais ocorrem em uma faixa de tráfego normal, o tempo perdido envolve o tempo em que o ônibus serve o passageiro (incluindo o abrir e fechar das portas) mais o tempo perdido para parar o ônibus e o mesmo começar a andar. O tempo perdido pode ser estimado pela seguinte equação "para a faixa" na qual os ônibus operam:

$$T_L = (g/C) \times N \times (D + L) \quad (1)$$

onde:

$T_L$  é o tempo perdido, em segundos por hora

$g/C$  é a taxa de tempo de verde por ciclo;

$N$  é o número de ônibus por hora que param;

$D$  é o tempo em que o ônibus serve o passageiro (incluindo o abrir e fechar de porta), em segundos; e

$L$  é o tempo perdido adicional devido a desaceleração ;

aceleração e fila, em segundos.  $L$  é geralmente adotado entre 6 e 8 segundos, considerando condições médias.

A redução percentual da capacidade de faixa é dada pela seguinte equação:

$$P_c = \frac{T_L}{g/C \times 3600} \times 100 \quad (2)$$

e a capacidade perdida será dada por:

$$c_p = P_c \times c \quad (3)$$

onde:

$c$  é a capacidade de veículos por hora.

O resultado em carro-passeio equivalente será dado pela equação:

$$CPE = \frac{c_p}{N} \quad (4)$$

onde  $N$  é o número de ônibus que param.

## APÊNDICE VI

### "EXEMPLO ILUSTRATIVO DE LEVANTAMENTO DE DADOS DE CAMPO - USANDO DADOS DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 4"

Este exemplo irá facilitar o entendimento do processo de levantamento de dados em campo para a aplicação na análise recomendada pelo HCM-85. Os dados são referentes a uma contagem volumétrica manual realizada na região metropolitana de Recife, no cruzamento da Av. Canal e Rua Arão Lins no município de Jaboatão. Trata-se de um cruzamento simples com quatro aproximações, com um semáforo apresentando apenas um plano de faseamento composto de duas fases, para as 24 horas do dia. Vale ressaltar, que a fonte desses dados foi a Diretoria de Engenharia de Tráfego - D.E.T. da cidade de Recife.

Seguindo a orientação apresentada no item 3.2.2 do capítulo 3, dividiu-se o levantamento de dados de campo em 4 etapas básicas:

#### *Passo 1: Coleta dos Volumes de Tráfego*

Utiliza-se, primeiramente, o formulário da figura 2 do item 3.2.2 para a obtenção de dados de campo. A representação esquemática do cruzamento é apresentada na figura 1 deste Apêndice. O período de pesquisa foi das 6:00h às 20:00h de uma terça-feira, sendo este dia escolhido baseado no conhecimento prévio da intensidade e flutuação do fluxo de tráfego.

fego local durante a semana, fazendo parte da prática local do órgão coletor de dados (D.E.T.). A data da pesquisa foi o dia 24/04/90.

As figuras 2 A-D deste Apêndice (correspondentes a figura 2 do item 3.2.2) apresentam o conjunto de dados obtidos em campo para cada aproximação e para cada movimento, em intervalos de 15 minutos. Estes dados são agregados nas figuras 3 A-D deste Apêndice (correspondente a figura 3 do item 3.2.2.) em intervalos de 1 hora.

Com os dados das figuras 3 A-D, os volumes horários, tem-se condições de determinar a hora de pico do cruzamento, somando-se todos os volumes de todas as aproximações por hora. Logicamente, a hora de pico será a hora que possuir maior movimento, ou contagem volumétrica. A tabela 1 deste Apêndice apresenta a soma dos volumes horários das aproximações do cruzamento, identificando a hora de pico. Observa-se, então, que a hora de pico do cruzamento é de 7:00 às 8:00 da manhã com um volume de pico de 1136 vph. A figura 4 apresenta uma representação diagramática do volume horário da hora de pico no cruzamento.

#### *Passo 2: Coleda dos dados geométricos:*

##### 1. número de faixas:

As aproximações Leste e Oeste possuem 2 faixas. E as aproximações Norte e Sul possuem apenas uma faixa cada.

##### 2. largura das faixas de cada aproximação:

Leste: a aproximação Leste possui faixas com 2,8 metros cada.



Oeste: a aproximação Oeste possui faixas de 3,55 metros cada.

Norte: a aproximação Norte possui uma faixa única com 4,6 m.

Sul : a aproximação Sul possui uma faixa única com 4,6 m.

3. tipo de movimento em cada faixa de cada aproximação:

Os movimentos estão identificados na figura 1 deste Apêndice.

4. verificação da existência de estacionamento:

Não há estacionamento na proximidade do cruzamento, logo o número de manobras a ser adotado será igual a zero.

5. comprimento das bainhas de armazenamento:

Não há bainhas de armazenamento.

6. Existência ou não de ilhas:

No sentido leste-oeste há um canteiro central de 3.0m de largura e no sentido norte-sul há uma ilha de apenas 1m de largura.

7. paradas locais de ônibus:

Na hora de pico há em torno de 20 paradas locais de ônibus (todos os ônibus que atravessam o cruzamento param nas suas proximidades) na aproximação Norte. Na aproximação Sul há, também, em torno de 20 paradas por hora (na hora de pico) de

ônibus, neste caso, todos os ônibus que atravessam o cruzamento também param.

As aproximações Leste-Oeste não possuem paradas locais de ônibus.

*Passo 3:* Anotar as condições geométricas e de tráfego:

1. *greide:* o cruzamento possui suas aproximações em nível, isto é, 0% de greide.

2. *percentual de veículos pesados:* calcular o percentual de veículos pesados ocorridos durante a hora de pico para cada movimento da aproximação, e depois, calcular o percentual médio para a aproximação, e anotar estes dados na tabela inserida na figura 2 de cada aproximação correspondente.

Os cálculos deste caso foram os seguintes:

*aproximação Norte:* é composta dos movimentos 8, 6 e 12

$$\%VP = \frac{\%M8 + \%M6 + \%M12}{3} = \frac{0\% + 2,24\% + 0\%}{3} = 0,7\%$$

*aproximação Sul:* é composta dos movimentos 5, 7 e 11

$$\%VP = \frac{\%M5 + \%M7 + \%M11}{3} = \frac{2,8\% + 3,45\% + 0\%}{3} = 2,0\%$$

*aproximação Leste:* é composta pelos movimentos 1, 3 e 10

$$\%VP = \frac{\%M1 + \%M3 + \%M10}{3} = \frac{0,8\% + 6,25\% + 0\%}{3} = 3,0\%$$

*aproximação Oeste:* é composta dos seguintes movimentos:

2, 4 e 9

$$\%VP = \frac{\%M2 + \%M4 + \%M9}{3} = \frac{5,33\% + 7,69\% + 2,63\%}{3} = 5,0\%$$

3. *fluxo de pedestres:* neste cruzamento há pouca travessia de pedestres, ou seja, fluxo baixo, não houve por falta de maiores recursos, uma contagem para se determinar o fato, mas um julgamento pela observação e utilizando o valor recomendado pela metodologia do HCM-85 (item 3.3.2.1, módulo 1, tabela 3.2) é de 50 peds/hr.

4. *verificação da existência de botões para pedestres:* não há botões para a detecção de presença de pedestres. Neste caso, calcula-se o tempo mínimo para a travessia através da fórmula 3.5 do item 3.3.2.1 (módulo 1) do capítulo 3. Então;

$$G_p = 7,0 + d/1,22 - T$$

onde d é a maior distância a ser atravessada pelo pedestre, dada uma determinada fase, e T é a intervalo de troca desta fase. Para este estudo adotou-se o mesmo valor de intervalo de troca utilizado no HCM-85 em seus exemplos de cálculo (pág. 9-38, cap.9) que foi T = 3s.

Via Principal (Leste-Oeste):

$$G_p = 7,0 + (3,55 + 3,55)/1,22 - 3 = 9,8s$$

Via secundária ( Norte-Sul ):

$$G_p = 7,0 + (4,6 + 2,3)/1,22 - 3 = 9,7s$$

5. *Tipo de chegada*: também é um valor adotado neste caso, devido a insuficiência de recursos para obter dados em campo referentes ao tipo de chegada, que seriam os valores de PVG (percentual de todos os veículos do movimento que chegam durante a fase de verde) e PTG (o percentual do ciclo que é verde para o movimento). Na adoção de um tipo de chegada utilizou-se a tabela de valores recomendáveis pelo HCM-85 (tab. 9-3, cap.9) que corresponde a tabela 3.2 do item 3.3.2.1 (módulo 1) do capítulo 3, sendo então o tipo de chegada igual ao tipo 3.

6. *O fator hora de pico*: o fator hora de pico é calculado conforme a fórmula do item 3.2.2 do capítulo 3, que é a seguinte:

$$FHP = \frac{\text{volume total da hora de pico}}{4 \times (\text{o maior volume de pico de 15 minutos da hora de pico})}$$

Neste caso, achou-se por bem fazer os cálculos do fator hora de pico separadamente para cada movimento como ocorre na prática. Posteriormente fez-se o cálculo em separado para a hora de pico do cruzamento, com a finalidade de verificar a consistência das duas abordagens.

Na determinação do FHP da aproximação, partiu-se da

determinação inicial dos FHP dos movimentos que a compõe, e após isto a adoção dos FHP dos movimentos de maior volume em sua hora de pico, como sendo o FHP da aproximação. O volume total da hora de pico de cada um dos movimentos e seus respectivos horários são dados a seguir:

*aproximação Norte:*

movimento 6 - 89 veículos ( 7:00 - 8:00)

movimento 8 - 19 veículos (17:00 - 18:00)

movimento 12 - 48 veículos ( 7:00 - 8:00)

*aproximação Sul:*

movimento 5 -116 veículos (12:00 - 13:00)

movimento 7 - 43 veículos ( 8:00 - 9:00)

movimento 11 - 25 veículos (12:00 - 13:00)

*aproximação Leste:*

movimento 1 -592 veículos ( 7:00 - 8:00)

movimento 3 - 28 veículos (11:00 - 12:00)

movimento 10 - 39 veículos ( 7:00 - 8:00)

*aproximação Oeste:*

movimento 2 -362 veículos (18:00 - 19:00)

movimento 4 - 46 veículos (18:00 - 19:00)

movimento 9 - 64 veículos (12:00 - 13:00)

Verifica-se que o maior volume de hora de pico por movimento (592 veículos no movimento 1) é justamente na hora de pico do cruzamento (7:00 - 8:00), mencionada anteriormente, o que é óbvio.

Para determinar o FHP precisa-se, também, dos maiores volumes ocorridos num dos intervalos de 15 minutos da hora de pico dos movimentos, que são apresentados logo a seguir com os seus respectivos horários:

movimento 1:	170 veículos
movimento 2:	119 veículos
movimento 3:	8 veículos
movimento 4:	15 veículos
movimento 5:	34 veículos
movimento 6:	29 veículos
movimento 7:	13 veículos
movimento 8:	12 veículos
movimento 9:	18 veículos
movimento 10:	16 veículos
movimento 11:	8 veículos
movimento 12:	14 veículos

Aplicando-se a fórmula de FHP tem-se os seguintes resultados para cada movimento de cada aproximação:

*aproximação Norte:*

	FHP
movimento 6	0.77
movimento 8	0.40
movimento 12	0.86

*aproximação Sul:*

movimento 5	0.85
movimento 7	0.83
movimento 11	0.78

*aproximação Leste:*

	<i>FHP</i>
movimento 1	0.87
movimento 3	0.88
movimento 10	0.61

*aproximação Oeste:*

movimento 2	0.76
movimento 4	0.77
movimento 9	0.89

O FHP da aproximação será adotado como o FHP do movimento da aproximação que tiver maior volume, conforme está indicado logo acima. Isto foi feito em função da própria filosofia do método do HCM-85 que visa a acomodação desses movimentos de maior volume.

Os cálculos do fator hora de pico, levando em consideração a hora de pico do cruzamento para todos os movimentos:

*. aproximação Norte:*

	<i>FHP</i>
movimento 6	0.77
movimento 8	0.44
movimento 12	0.86

*. aproximação Sul:*

movimento 5	0.81
movimento 7	0.81
movimento 11	0.33

*. aproximação Leste:*

	<i>FHP</i>
movimento 1	0.87
movimento 3	0.50
movimento 10	0.61

*aproximação Oeste:*

movimento 2	0.81
movimento 4	0.65
movimento 9	0.73

Adotando-se como FHP para a aproximação o do movimento de maior volume a situação ficaria a seguinte:

<i>aproximação</i>	<i>FHP</i>
Norte	0.77
Sul	0.81
Leste	0.87
Oeste	0.81

O que se pode verificar dos cálculos anteriores é que a diferença entre os valores de hora de pico do cruzamento e dos movimentos individuais são da ordem de centésimos nas aproximações Sul e Oeste, e absolutamente iguais nas aproximações Norte e Leste, assim sendo, não se justifica este requinte de cálculo teórico, e deve-se aceitar a prática usual dos órgãos que lidam com estes cálculos.

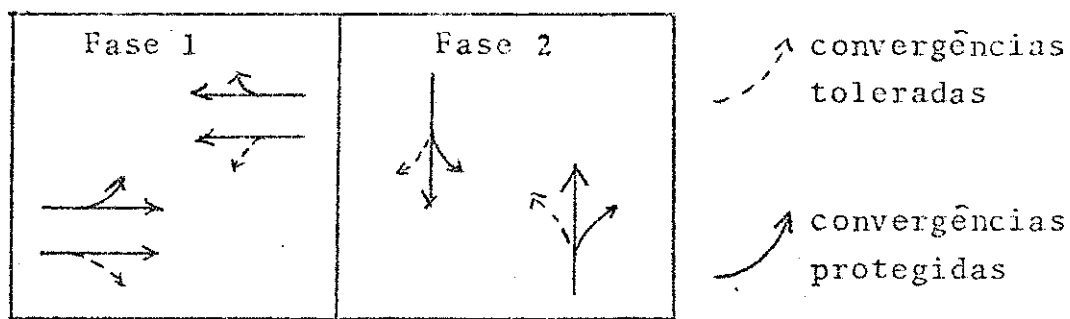
*Passo 4: anotação do projeto de semaforização*

O projeto de semaforização adotado pelo D.E.T. (Divisão



de Engenharia de Tráfego) de Recife é o seguinte:

Ciclo: 75 segundos



G = 48 seg.

G = 19 seg.

Y+R = 27 seg.

Y+R = 56 seg.

sendo Y = 3 seg.

Todos estes dados presentes preenchem os requisitos básicos para se efetuar qualquer uma das análises recomendadas pelo HCM-85 (operacional e de planejamento).

Figura 1 - Representação esquemática do cruzamento.

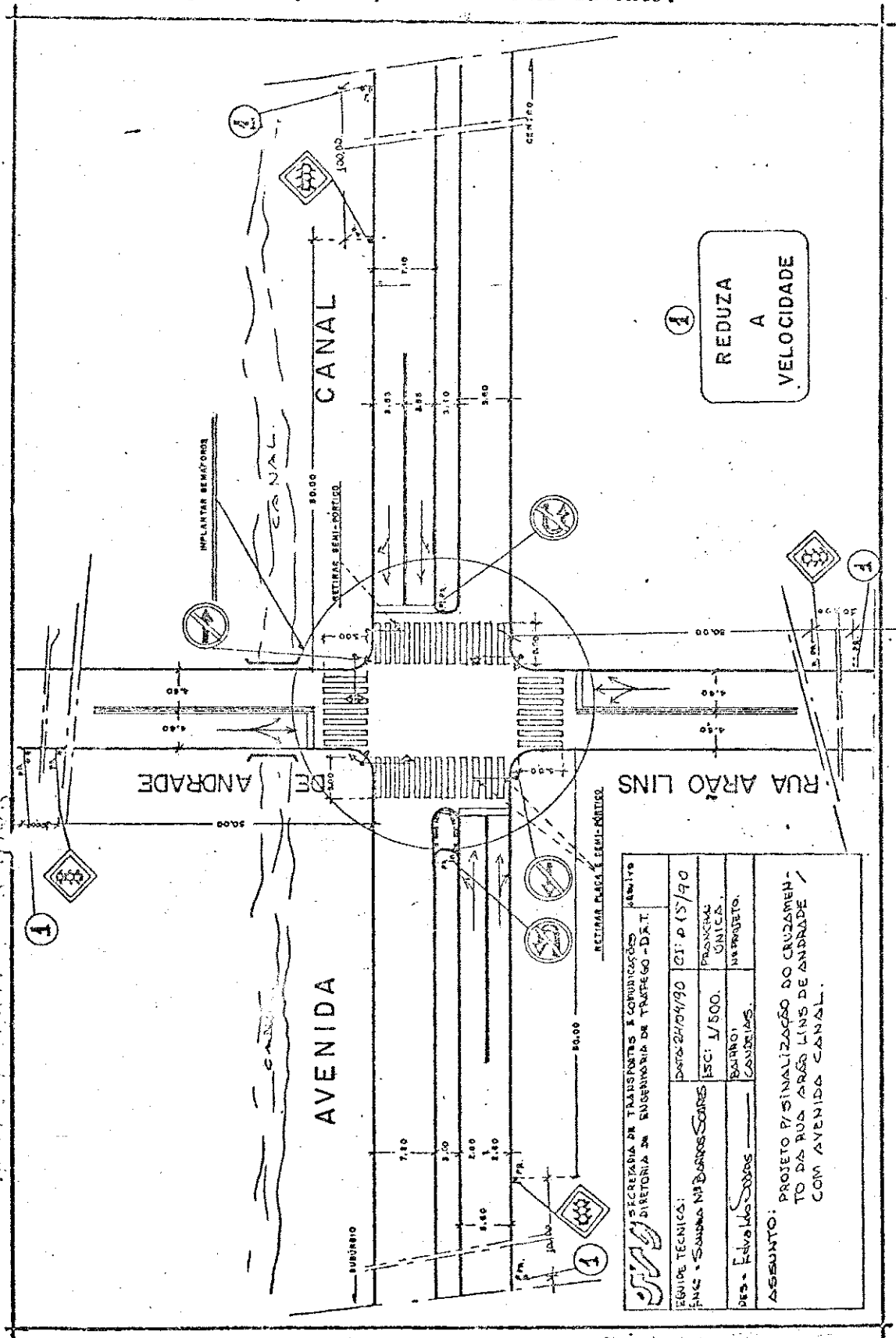


Figura 2A - Contagem Volumétrica de Tráfego.  
Formulário de Campo (intervalos de 15 minutos)

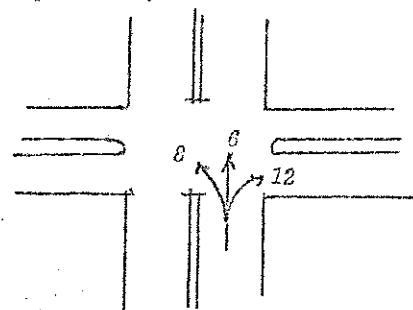
Cruzamento: Av. Canal / Rua Arão Lins

Aproximação: Norte

Período de pesquisa: 6:00 às 20:00h

Data: 24.04.90 - Dia: Terça-feira

Representação dos movimentos



Hora	movimento 6			movimento 8			movimento 12		
	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga
6:00- 6:15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6:15- 6:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6:30- 6:45	05	06	-	01	01	-	04	-	-
6:45- 7:00	10	03	-	-	01	01	13	-	01
7:00- 7:15	11	03	01	-	-	-	14	-	-
7:15- 7:30	11	05	01	-	-	-	09	-	-
7:30- 7:45	21	07	-	07	02	-	11	-	-
7:45- 8:00	24	05	-	05	02	-	14	-	-
8:00- 8:15	13	05	-	-	01	-	07	-	-
8:15- 8:30	13	07	01	04	-	-	14	-	-
8:30- 8:45	17	02	-	-	-	-	02	-	-
8:45- 9:00	08	05	01	-	-	-	10	-	-
9:00- 9:15	19	03	01	01	-	-	03	-	01
9:15- 9:30	14	06	01	01	-	-	01	-	-
9:30- 9:45	10	08	-	01	01	-	05	-	-
9:45-10:00	06	03	01	01	-	-	05	-	-
10:00-10:15	09	03	01	01	-	01	01	-	-
10:15-10:30	05	06	-	01	-	-	04	-	-
10:30-10:45	04	03	-	-	-	-	05	-	-
10:45-11:00	02	05	01	-	-	-	01	-	-
11:00-11:15	08	03	-	01	01	01	03	-	-
11:15-11:30	05	04	01	01	-	01	02	-	-
11:30-11:45	06	01	-	01	-	-	03	-	01
11:45-12:00	03	02	01	-	-	-	-	-	-
12:00-12:15	06	05	01	-	01	-	03	-	-
12:15-12:30	04	04	-	02	-	-	04	-	-
12:30-12:45	03	03	-	01	01	01	02	-	-
12:45-13:00	06	03	-	04	-	-	06	-	-
13:00-13:15	11	04	-	01	01	01	01	-	-
13:15-13:30	08	06	-	03	01	-	02	-	-
13:30-13:45	07	03	01	03	-	-	02	-	-
13:45-14:00	09	09	-	01	01	-	05	-	-

Hora	movimento 6			movimento 8			movimento 12		
	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga
14:00-14:15	17	02	02	03	-	-	02	-	-
14:15-14:30	15	03	02	03	01	-	04	-	01
14:30-14:45	09	04	01	-	-	-	02	-	01
14:45-15:00	17	05	02	01	01	-	02	-	-
15:00-15:15	06	04	01	-	-	-	-	-	-
15:15-15:30	-	03	-	02	-	-	01	-	01
15:30-15:45	16	04	01	-	-	-	03	-	-
15:45-16:00	11	08	-	02	-	-	02	-	-
16:00-16:15	16	02	02	01	-	-	02	-	-
16:15-16:30	05	02	-	-	-	-	02	-	-
16:30-16:45	16	05	02	01	-	-	04	-	-
16:45-17:00	11	05	02	02	-	-	03	-	-
17:00-17:15	19	05	02	04	-	-	04	-	-
17:15-17:30	05	03	01	11	01	-	-	-	-
17:30-17:45	09	05	03	-	-	-	04	-	-
17:45-18:00	19	09	-	02	01	-	03	-	-
18:00-18:15	12	01	-	03	-	-	01	-	-
18:15-18:30	09	05	01	02	-	-	-	-	-
18:30-18:45	14	05	01	02	-	-	01	-	-
18:45-19:00	20	07	-	01	-	-	03	-	-
19:00-19:15	09	08	01	-	-	-	01	-	-
19:15-19:30	12	03	-	-	-	-	-	-	-
19:30-19:45	17	03	-	-	-	-	03	-	-
19:45-20:00	12	05	01	01	-	-	01	-	-

Responsável:

---

Fonte: adaptação do formulário de campo do DETRAN-PE/BRASIL. Também presente na figura 2 do item 3.2.1 do cap. 3.

Figura 2B - Contagem Volumétrica de Tráfego.  
Formulário de Campo (intervalos de 15 minutos)

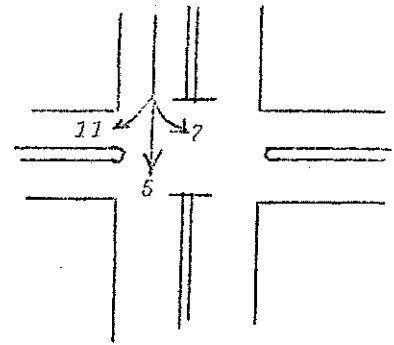
Representação dos movimentos

Cruzamento: Av. Canal / Rua Arão Lins

Aproximação: Sul

Período de Pesquisa: 6:00 - 20:00h

Data: 24.04.90 - Dia: Terça-feira.



Hora	movimento 5			movimento 7			movimento 11		
	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga
6:00- 6:15	-	01	-	-	-	-	-	-	-
6:15- 6:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6:30- 6:45	10	04	01	02	-	-	-	-	-
6:45- 7:00	07	06	01	04	-	-	05	-	-
7:00- 7:15	14	03	-	06	-	-	-	-	-
7:15- 7:30	12	04	-	09	-	-	04	-	-
7:30- 7:45	16	04	02	07	-	-	03	-	-
7:45- 8:00	10	06	-	06	-	01	-	-	-
8:00- 8:15	14	03	-	11	-	01	04	-	-
8:15- 8:30	17	05	01	11	-	-	03	-	-
8:30- 8:45	12	04	-	07	-	-	-	-	-
8:45- 9:00	23	05	-	12	-	01	03	-	-
9:00- 9:15	13	04	02	03	-	01	01	-	01
9:15- 9:30	10	05	-	09	-	-	04	-	-
9:30- 9:45	10	03	02	02	-	-	02	-	-
9:45-10:00	08	05	02	04	-	-	02	-	-
10:00-10:15	18	02	02	04	-	01	05	-	-
10:15-10:30	26	04	01	06	-	-	02	-	-
10:30-10:45	18	03	01	04	-	-	06	-	-
10:45-11:00	22	04	01	07	-	-	01	-	-
11:00-11:15	19	03	03	09	-	-	05	-	-
11:15-11:30	17	03	-	13	-	-	06	-	-
11:30-11:45	15	04	01	12	-	-	05	-	-
11:45-12:00	19	05	01	04	-	-	08	-	01
12:00-12:15	23	03	04	11	-	-	08	-	-
12:15-12:30	20	05	01	10	-	-	08	-	-
12:30-12:45	30	04	-	11	-	-	02	-	-
12:45-13:00	21	03	02	08	-	-	05	-	02
13:00-13:15	21	02	01	06	-	-	06	-	-
13:15-13:30	17	04	02	05	-	-	01	-	02
13:30-13:45	22	03	01	06	-	-	03	-	-
13:45-14:00	24	03	01	06	-	-	06	-	-

Continuação da figura 2B.

hora	movimento 5			movimento 7			movimento 11		
	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga
14:00-14:15	21	05	02	07	-	-	02	-	-
14:15-14:30	20	04	-	08	-	-	28	-	-
14:30-14:45	17	02	03	04	-	-	02	-	-
14:45-15:00	25	06	01	10	-	01	05	-	02
15:00-15:15	21	04	01	04	-	-	05	-	-
15:15-15:30	20	02	01	06	-	-	01	-	01
15:30-15:45	18	04	02	04	-	01	04	-	-
15:45-16:00	28	04	01	09	-	-	08	-	-
16:00-16:15	23	02	01	04	-	-	04	-	01
16:15-16:30	10	02	-	10	-	-	04	-	-
16:30-16:45	15	03	-	03	-	-	02	-	-
16:45-17:00	17	02	-	04	-	-	05	-	-
17:00-17:15	12	05	01	02	-	-	-	-	-
17:15-17:30	18	03	01	06	-	01	01	-	-
17:30-17:45	37	03	-	11	-	01	05	-	-
17:45-18:00	18	03	01	03	-	-	02	-	-
18:00-18:15	19	03	01	02	-	-	-	-	-
18:15-18:30	13	03	-	02	-	-	02	-	-
18:30-18:45	11	04	-	02	-	-	01	-	-
18:45-19:00	19	02	-	01	-	-	01	-	-
19:00-19:15	14	04	-	04	-	-	01	-	01
19:15-19:30	11	02	-	02	-	-	03	-	-
19:30-19:45	06	01	-	04	-	-	-	-	-
19:45-20:00	03	03	-	01	-	-	-	-	-

Responsável: \_\_\_\_\_

Fonte: adaptação do formulário de campo do DETRAN-PE/BRASIL. Também presente figura 2 do item 3.2.1 do cap. 3.

Figura 2C - Contagem Volumétrica de Tráfego.  
Formulário de Campo (intervalos de 15 minutos)

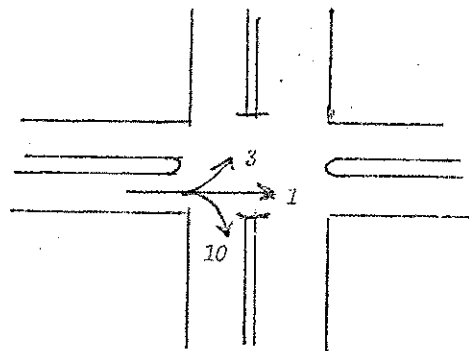
Representação dos movimentos

Cruzamentos : Av. Canal/R. Arão Lins

Aproximação : Leste

Período de Pesquisa : 6:00 às 20:00h

Data: 24.04.90 - Dia: Terça-feira



Hora	movimento 1			movimento 3			movimento 10		
	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga
6:00- 6:15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6:15- 6:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6:30- 6:45	30	-	04	02	-	01	04	-	-
6:45- 7:00	54	-	04	03	-	-	07	-	-
7:00- 7:15	106	-	02	03	-	-	05	-	-
7:15- 7:30	154	-	01	04	-	01	16	-	-
7:30- 7:45	158	-	01	08	-	-	11	-	-
7:45- 8:00	169	-	01	-	-	-	07	-	-
8:00- 8:15	108	-	06	02	-	-	06	-	-
8:15- 8:30	82	-	02	01	-	-	06	-	-
8:30- 8:45	60	-	-	01	-	-	07	-	-
8:45- 9:00	43	-	-	02	-	-	04	-	-
9:00- 9:15	26	-	01	-	-	-	02	-	-
9:15- 9:30	39	-	04	01	-	01	02	-	-
9:30- 9:45	22	-	02	02	-	-	02	-	-
9:45-10:00	27	-	02	-	-	-	05	-	-
10:00-10:15	19	-	01	01	-	01	04	-	-
10:15-10:30	15	-	02	03	-	02	03	-	-
10:30-10:45	19	-	-	-	-	-	01	-	-
10:45-11:00	24	-	02	01	-	-	04	-	-
11:00-11:15	46	-	05	04	-	03	03	-	-
11:15-11:30	35	-	01	05	-	-	-	-	-
11:30-11:45	57	-	03	06	-	02	04	-	01
11:45-12:00	31	-	01	08	-	-	05	-	-
12:00-12:15	35	-	03	08	-	01	02	-	-
12:15-12:30	18	-	02	02	-	-	03	-	-
12:30-12:45	36	-	03	05	-	-	01	-	-
12:45-13:00	45	-	-	01	-	-	07	-	-
13:00-13:15	31	-	02	05	-	01	02	-	-
13:15-13:30	45	-	01	01	-	-	02	-	-
13:30-13:45	69	-	02	05	-	-	02	-	-
13:45-14:00	58	-	03	08	-	-	04	-	-

Hora	movimento 1			movimento 3			movimento 10		
	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga
14:00-14:15	59	-	02	08	-	-	03	-	-
14:15-14:30	21	-	-	04	-	-	03	-	01
14:30-14:45	25	-	01	02	-	01	04	-	-
14:45-15:00	46	-	01	09	-	-	01	-	01
15:00-15:15	28	-	01	02	-	-	-	-	01
15:15-15:30	27	-	03	08	-	-	02	-	02
15:30-15:45	20	-	02	01	-	01	01	-	-
15:45-16:00	18	-	02	02	-	-	02	-	-
16:00-16:15	26	-	01	02	-	01	01	-	-
16:15-16:30	22	-	01	01	-	01	03	-	-
16:30-16:45	16	-	02	06	-	01	02	-	-
16:45-17:00	14	-	02	05	-	-	01	-	-
17:00-17:15	33	-	02	02	-	01	03	-	-
17:15-17:30	28	-	01	08	-	01	02	-	-
17:30-17:45	44	-	-	10	-	01	04	-	-
17:45-18:00	21	-	-	03	-	-	06	-	-
18:00-18:15	13	-	-	02	-	-	-	-	-
18:15-18:30	15	-	-	01	-	-	03	-	-
18:30-18:45	04	-	-	04	-	-	03	-	-
18:45-19:00	09	-	01	01	-	-	02	-	-
19:00-19:15	18	-	-	01	-	-	01	-	-
19:15-19:30	07	-	01	-	-	-	-	-	-
19:30-19:45	11	-	-	01	-	-	-	-	-
19:45-20:00	10	-	-	03	-	-	-	-	-

Responsável: \_\_\_\_\_

Fonte: adaptação do formulário de campo do DETRAN-PE/BRASIL. Também presente na figura 2 do item 3.2.1 do cap. 3.



Figura 2D - Contagem Volumétrica de Tráfego.  
Formulário de Campo (intervalos de 15 minutos).

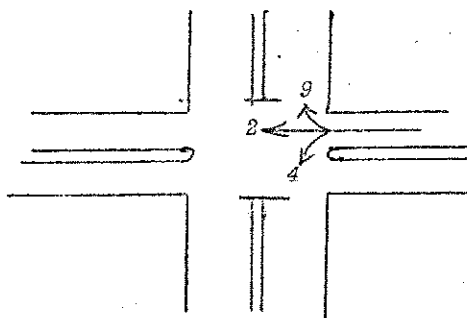
Representação dos movimentos

Crusamento : Av. Canal/R. Arão Lima

Aproximação : Oeste

Período de Pesquisa : 0:00 às 20:00h

Data: 24.04.90 - Dia: Terça-feira



Hora	movimento 2			movimento 4			movimento 9		
	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga
6:00- 6:15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6:15- 6:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6:30- 6:45	10	-	03	-	-	-	04	-	-
6:45- 7:00	17	-	02	05	-	-	07	-	-
7:00- 7:15	35	-	02	02	-	-	09	-	-
7:15- 7:30	52	-	03	01	-	01	09	-	-
7:30- 7:45	52	-	-	04	-	-	12	-	01
7:45- 8:00	30	-	04	05	-	-	07	-	-
8:00- 8:15	32	-	02	02	-	-	11	-	01
8:15- 8:30	36	-	02	01	-	-	10	-	-
8:30- 8:45	35	-	04	02	-	-	03	-	-
8:45- 9:00	34	-	02	01	-	-	10	-	-
9:00- 9:15	17	-	03	02	-	01	05	-	02
9:15- 9:30	26	-	02	02	-	-	16	-	-
9:30- 9:45	13	-	-	02	-	-	01	-	01
9:45-10:00	21	-	-	03	-	-	11	-	01
10:00-10:15	31	-	02	04	-	03	09	-	-
10:15-10:30	34	-	04	03	-	01	10	-	-
10:30-10:45	30	-	-	03	-	-	09	-	-
10:45-11:00	48	-	05	-	-	-	06	-	-
11:00-11:15	46	-	03	08	-	-	15	-	02
11:15-11:30	59	-	05	11	-	-	07	-	02
11:30-11:45	78	-	05	06	-	-	19	-	-
11:45-12:00	70	-	06	05	-	-	09	-	-
12:00-12:15	93	-	01	13	-	-	13	-	01
12:15-12:30	69	-	05	08	-	01	14	-	01
12:30-12:45	106	-	-	07	-	-	18	-	-
12:45-13:00	47	-	02	01	-	-	17	-	-
13:00-13:15	49	-	02	03	-	-	08	-	01
13:15-13:30	72	-	03	04	-	01	14	-	01
13:30-13:45	58	-	01	08	-	-	15	-	02
13:30-13:45	51	-	02	08	-	-	14	-	-

hora	movimento 2			movimento 4			movimento 9		
	Autos	Onibus	Carga	Autos	Onibus	Carga	Autos	Onibus	Carga
14:00-14:15	41	-	04	05	-	-	10	-	-
14:15-14:30	38	-	02	08	-	-	13	-	-
14:30-14:45	28	-	03	06	-	01	10	-	01
14:45-15:00	42	-	03	05	-	-	14	-	-
15:00-15:15	38	-	01	08	-	-	11	-	01
15:15-15:30	41	-	-	06	-	-	10	-	-
15:30-15:45	45	-	03	03	-	-	12	-	-
15:45-16:00	38	-	02	13	-	01	15	-	-
16:00-16:15	22	-	-	11	-	01	09	-	01
16:15-16:30	40	-	01	10	-	-	06	-	01
16:30-16:45	27	-	02	03	-	01	17	-	-
16:45-17:00	50	-	03	04	-	-	07	-	-
17:00-17:15	89	-	03	11	-	01	03	-	01
17:15-17:30	70	-	-	03	-	-	11	-	02
17:30-17:45	96	-	04	03	-	-	04	-	-
17:45-18:00	89	-	04	01	-	-	05	-	-
18:00-18:15	82	-	-	15	-	-	04	-	-
18:15-18:30	115	-	04	12	-	-	06	-	01
18:30-18:45	82	-	-	09	-	01	02	-	-
18:45-19:00	79	-	-	09	-	-	05	-	-
19:00-19:15	76	-	03	05	-	-	02	-	-
19:15-19:30	94	-	01	14	-	-	01	-	-
19:30-19:45	55	-	01	10	-	-	04	-	-
19:45-20:00	54	-	01	10	-	-	02	-	-

Responsável: \_\_\_\_\_

Fonte: adaptação do formulário de campo do DETRAN-PE/BRASIL. Também presente na figura 2 do item 3.2.1, do cap. 3.

Figura 3A - Contagem volumétrica de tráfego *Representação dos movimentos*  
 Formulário de Contagem Volumétrica de Tráfego

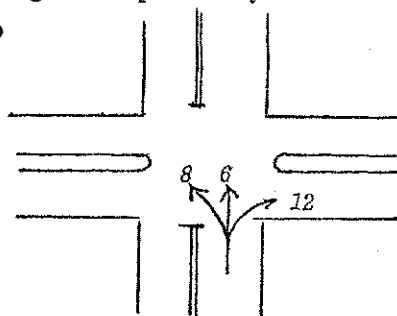
Formulário Resumo: (horário)

Cruzamento : Av. Canal/R. Arão Lima

Aproximação : Norte

Período de pesquisa: 6:00 - 20:00h

Data: 24.04.90 - Dia: Terça-feira



Hora	Movimento 6			Movimento 8			Movimento 12		
	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga
6:00-7:00	15	09	-	01	02	01	17	-	01
7:00-8:00	67	20	02	12	04	-	48	-	-
8:00-9:00	51	19	02	04	01	-	33	-	-
9:00-10:00	49	20	03	04	01	-	14	-	01
10:00-11:00	20	17	02	02	01	-	11	-	-
11:00-12:00	27	10	02	03	01	02	08	-	01
12:00-13:00	19	15	01	07	02	01	15	-	-
13:00-14:00	35	22	01	08	03	01	10	-	-
14:00-15:00	58	15	07	07	02	-	12	-	01
15:00-16:00	33	19	02	04	-	-	06	-	01
16:00-17:00	48	14	06	04	-	01	11	-	-
17:00-18:00	52	22	06	17	02	-	11	-	-
18:00-19:00	55	18	02	08	-	-	05	-	-
19:00-20:00	50	19	02	01	-	-	05	-	-
Total	579	239	38	82	19	06	206	-	05

Observações: \_\_\_\_\_

Indicadores:

Especificação	Movimento 6	Movimento 8	Movimento 12
Vol. Hora de Pico	89	19	48
Fator Hora de Pico, FHP	0.77	0.40	0.86
Percentual de veic. pesados	Carga <u>2,24%</u>	Carga <u>0%</u>	Carga <u>0%</u>
Nº manobras de ônibus	Ônibus <u>20</u>	Ônibus <u>04</u>	Ônibus <u>0</u>

Hora de pico do cruzamento:  
7:00 - 8:00

Fonte: Adaptação do formulário resumo do resumo do DETRAN-PE/BRASIL.

Figura 3b - Contagem volumétrica de tráfego. *Representação dos movimentos*  
 Formulário de Contagem Volumétrica de Tráfego

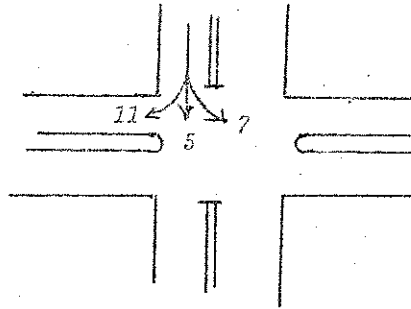
Formulário Resumo (horário)

Cruzamento : Av. Canal/R. Arão Lins

Aproximação : Sul

Período de pesquisa: 6:00 - 20:00h

Data: 24.04.90 - Dia: Terça-feira



HORA	Movimento 6			Movimento 7			Movimento 11		
	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga
6:00-7:00	17	11	02	06	-	-	05	-	-
7:00-8:00	52	17	02	28	-	01	07	-	-
8:00-9:00	66	17	01	41	-	02	10	-	-
9:00-10:00	51	17	06	18	-	01	09	-	01
10:00-11:00	84	13	05	21	-	01	14	-	-
11:00-12:00	70	15	05	38	-	-	24	-	01
12:00-13:00	94	15	07	40	-	-	23	-	02
13:00-14:00	84	13	05	23	-	-	16	-	02
14:00-15:00	83	17	06	29	-	01	37	-	02
15:00-16:00	87	14	05	23	-	01	18	-	01
16:00-17:00	65	09	01	21	-	-	15	-	01
17:00-18:00	85	14	03	22	-	02	08	-	-
18:00-19:00	62	12	01	07	-	-	04	-	-
19:00-20:00	34	10	-	11	-	-	04	-	01
Total	935	194	49	328	-	09	192	-	11

Observações:

Indicadores:

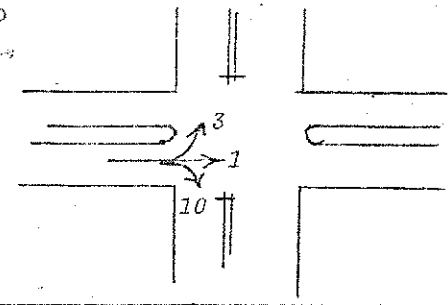
Especificação	Movimento 5	Movimento 7	Movimento 11
Volume hora de pico	116	43	25
Fator hora de pico, FHP	0.85	0.83	0.78
Percentual de veic. pesados	Carga 2,8%	Carga 3,45%	Carga 0%
Nº de manobras de ônibus	Ônibus 17	Ônibus 0	Ônibus 0

Hora de Pico do Cruzamento  
7:00 - 8:00

Fonte: adaptação do formulário resumo do  
 DETRAN-PE/BRASIL.

Figura 3C - Contagem Volumétrica de Tráfego. *Representação do movimento*  
 Formulário de Contagem Volumétrica de Tráfego

Formulário Resumo (horário)  
 Cruzamento : Av. Canal/R. Arão Lins  
 Aproximação : Leste  
 Período de pesquisa: 6:00 - 20:00h  
 Data: 24.04.90 - Dia: Terça-feira



HORA	Movimento 1			Movimento 3			Movimento 10		
	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga
6:00-7:00	84	-	08	05	-	01	11	-	-
7:00-8:00	587	-	05	15	-	01	39	-	-
8:00-9:00	293	-	08	06	-	-	23	-	-
9:00-10:00	114	-	09	03	-	01	11	-	-
10:00-11:00	77	-	05	05	-	03	12	-	-
11:00-12:00	169	-	10	23	-	05	12	-	01
12:00-13:00	134	-	08	16	-	01	13	-	-
13:00-14:00	203	-	08	19	-	01	10	-	-
14:00-15:00	151	-	04	23	-	01	11	-	02
15:00-16:00	93	-	08	13	-	01	05	-	03
16:00-17:00	78	-	06	14	-	03	07	-	-
17:00-18:00	126	-	03	23	-	03	15	-	-
18:00-19:00	51	-	01	08	-	-	08	-	-
19:00-20:00	46	-	01	05	-	-	01	-	-
Total	2206	-	84	178	-	21	178	-	06

Observação: \_\_\_\_\_

Indicadores:

Especificação	Movimento 1	Movimento 3	Movimento 10
Volume de hora de pico	592	28	39
Fator de hora de pico FHP	0.87	0.88	0.61
Percentual de veic. pesados	Carga 0.8%	Carga 6.25%	Carga 0%
Nº de manobras de ônibus	Ônibus 0	Ônibus 0	Ônibus 0

Hora de Pico de Cruzamento:  
7:00 - 8:00

Fonte: adaptação do formulário resumo do DEIRAN-PE/ BRASIL.

Figura 3D - Contagem Volumétrica de Tráfego. Representação do movimento  
Formulário de Contagem Volumétrica de Tráfego

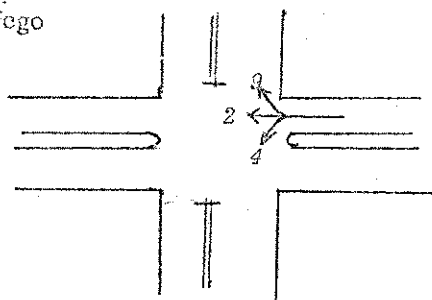
Formulário Resumo (horário)

Cruzamento : Av. Canal/R. Arão Lins

Aproximação : Oeste

Período de pesquisa : 6:00 - 20:00h

Data: 24.04.90 - Dia: Terça-feira.



HORA	Movimento 2			Movimento 4			Movimento 9		
	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga	Autos	Ônibus	Carga
6:00-7:00	27	-	05	03	-	-	11	-	-
7:00-8:00	169	-	09	12	-	01	37	-	01
8:00-9:00	137	-	10	05	-	-	34	-	01
9:00-10:00	77	-	05	09	-	01	33	-	04
10:00-11:00	143	-	11	10	-	04	34	-	-
11:00-12:00	253	-	19	30	-	-	50	-	04
12:00-13:00	315	-	08	29	-	01	62	-	02
13:00-14:00	230	-	08	23	-	-	51	-	04
14:00-15:00	149	-	12	24	-	01	47	-	01
15:00-16:00	162	-	06	30	-	01	48	-	01
16:00-17:00	139	-	06	28	-	02	39	-	02
17:00-18:00	344	-	11	18	-	01	23	-	03
18:00-19:00	358	-	04	45	-	01	19	-	01
19:00-20:00	279	-	06	39	-	09	-	-	-
Total	2777	-	120	305	-	14	497	-	24

Observação:

Indicadores:

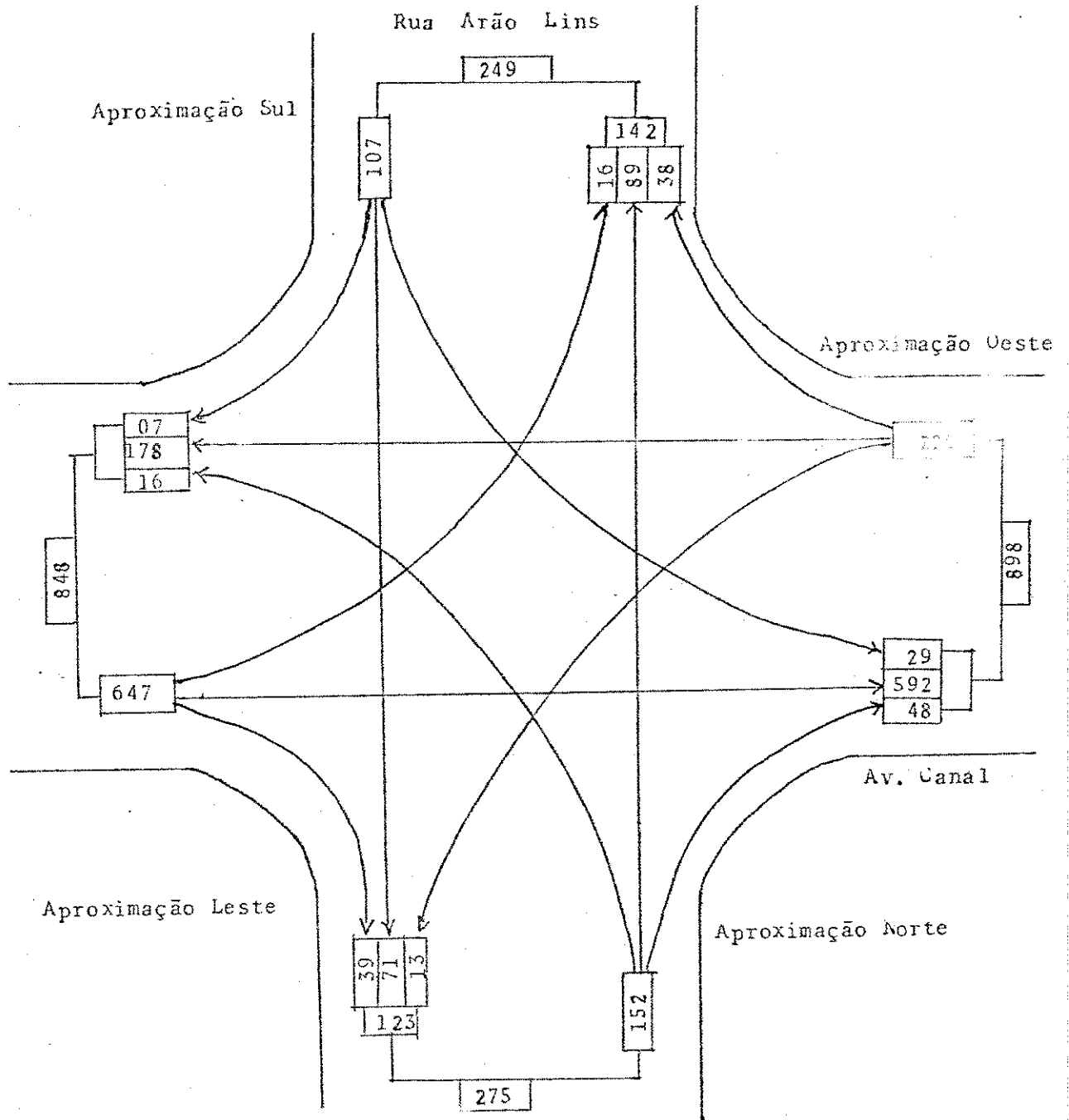
Especificação	Movimento 2	Movimento 4	Movimento 9
Volume hora de pico	362	46	64
Fator de pico hora de FLP	0.76	0.77	0.89
Percentual de veic. pesados	Carga 5,33%	Carga 7,69%	Carga 2,63%
Nº de manobras de ônibus	Ônibus 0	Ônibus 0	Ônibus 0

Hora de Pico do Cruzamento:

7:00 - 8:00

Fonte: adaptação do formulário resumo do  
DETRAN-PE/BRASIL.

Figura 4 - Representação esquemática do fluxo de tráfego na hora de pico.



Fonte: adaptação do Manual on Traffic Surveys, United Nations, New York, 1971, seção 1.1, pág.12, fig. 1.1.7.

## APÊNDICE VII

### DOCUMENTAÇÃO DO SOFTWARE ACS PARA A ANÁLISE DE CRUZAMENTOS SEMAFORIZADOS

Uma vez que este software é constituído das seguintes unidades: unidade dos módulos dos dados de entrada, de ajustamento de volume, de ajustamento da taxa de fluxo de saturação, de análise de capacidade, de nível de serviço, de gravação, recuperação e impressão de formulários e, que todas essas unidades já foram detalhadamente descritas de forma individual no capítulo 5, torna-se somente necessária a documentação do software partindo da descrição funcional do programa principal que coordena todas essas unidades como também, das variáveis, funções e procedimentos dessas unidades, e que estão contidos nos seus respectivos programas.

#### 1. *Descrição Funcional do Software*

O software é constituído de um programa principal que gerencia cinco atividades: edição, gravação, recuperação e impressão de formulários, assim como, a saída do sistema.

##### a) *Programa Principal*

O programa principal é constituído de cinco "units" ou unidades, que são conjuntos de funções e procedimentos reunidos em bibliotecas. Esta é uma característica da linguagem PASCAL, linguagem na qual o software foi escrito. Como o mesmo foi desenvolvido num computador padrão IBM-PC XT, o qual



apresenta limitações na memória disponível para a compilação de grandes programas, a sub-divisão do software ACS em "units" possibilitou a compilação separada de suas unidades, o que facilitou o desenvolvimento do mesmo, havendo assim, condição necessária para desenvolver um software desse porte.

As unidades nas quais o software foi dividido são as seguintes:

1. CRT ou Cathold Ray Tube-responsável pelo controle das funções de vídeo.
2. Entrada-responsável pelo armazenamento dos dados de entrada para a análise.
3. Ajustvol-responsável pelo ajustamento de volume.
4. Ajustsat - responsável pelo ajustamento da taxa de fluxo de saturação, juntamente com suplement.
5. Capacida - responsável pela análise de capacidade.
6. Nivserv - responsável pela determinação da demora veicular e do nível de serviço.
7. Gravform - responsável pela gravação dos formulários.
8. Leform - responsável pela recuperação dos formulários de uma situação anteriormente estudada.
9. Impress - responsável pela impressão dos formulários. Neste caso, a vantagem da existência dessa unidade é que os formulários das execuções do software poderão ser impressos em impressoras comuns sem haver grandes problemas em gráficos ou em tabelas.

O programa principal apresenta inicialmente a própria abertura dos trabalhos com o ACS, quando exhibe um "menu" no qual o usuário deve escolher se quer editar, gravar ou recu-

perar, imprimir ou sair do sistema.

A opção I do menu é a edição dos formulários que segue a sequência da própria metodologia do HCM-85, começando pelo formulário dos dados de entrada, ajustamento de volume, ajustamento da taxa de fluxo de saturação, análise de capacidade e nível de serviço.

No trabalho de edição de formulários o programa principal entra com as seguintes tabelas, variáveis, matrizes e vetores em cada um dos módulos:

## 1. Dados de entrada

### 1.1. Tabelas

1.1.1. tipo de chegada: utiliza variáveis do tipo real.

1.2. Variáveis: São quase todas cadeias de caracteres, que podem ser letras, números, pontuação e até sons.

1.2.1. nome do analista

1.2.2. período de pesquisa

1.2.3. tipo de área

1.2.4. nome da interseção

1.2.5. n° do projeto

1.2.6. local da interseção

1.2.7. data da pesquisa

1.2.8. nome das vias que compõem a interseção.

1.2.9. ciclo do semáforo - variável inteira.

### 1.3. Matrizes e Vetores:

1.3.1. volume veicular das quatro aproximações que compõem o cruzamento (NORTE-SUL-LESTE-OESTE). Volume  $(i, j)$  - com variáveis inteiras

- 1.3.2.largura de faixas.larg-faixa(i,j)-com variáveis reais
- 1.3.3.veículos pesados.veic-pesado(i,j)-com variáveis reais
- 1.3.4.ônibus.ônibus(i,j)-com variáveis reais
- 1.3.5.fator hora de pico.fhp(i,j)-com variáveis reais
- 1.3.6.estacionamento.estacio(i,j)-com variáveis do tipo caractere
- 1.3.7.bainhas de armazenamento,bainhas(i,j)-com variáveis do tipo real
- 1.3.8.número de manobras.nº-manobras(i,j)-com variáveis do tipo real
- 1.3.9.tempo mínimo para pedestres.temp-min(i,j) - com variáveis do tipo real
- 1.3.10.a existência de ilhas.ilhas(i)-com variáveis do tipo caractere
- 1.3.11.paradas de ônibus.parad-onib(i)-com variáveis do tipo caractere
- 1.3.12.greide.greide(i)-com variáveis do tipo real
- 1.3.13.nº de pedestres.pedestres(i)-com variáveis do tipo real
- 1.3.14.tipo de chegada.tipo-chegada(i)-com variáveis do tipo real
- 1.3.15.movimento dos grupos de faixas.moy-faixas(i,j)-com variáveis caracteres.

## 2. Ajustamento de volume

### 2.1 Matrizes:

- 2.1.1.taxa de fluxo.taxa-fluxo(i,j)-com variáveis inteiras

- 2.1.2. taxa de fluxo do grupo de faixas. tx-fl-grupo-faixa(i,j)-com variáveis reais
- 2.1.3. número de faixas no grupo de faixas. num-faixas-grupo(i,j)-com variáveis inteiras
- 2.1.4. fator de utilização de faixas. fator-util(i,j) - com variáveis reais
- 2.1.5. fluxo ajustado para o grupo de faixas. fluxo-ajust(i,j)-com variáveis reais
- 2.1.6. grupo de faixas. grupo-faixa(i,j)-com variáveis caracteres
- 2.1.7. proporção de convergências. proporc-cpnv(i,j) - com variáveis reais

### 3. Ajustamento da taxa de fluxo de saturação

#### 3.1. Módulo de ajustamento da taxa de fluxo de saturação

##### 3.1.1. Tabelas:

- 3.1.1.1. tabela de largura de faixa. tab-largura(i):  
fornece o fator de ajustamento devido a largura da faixa. Suas variáveis são reais.
- 3.1.1.2. tabela de veículos pesados. tab-vei-pes(i):  
fornece o fator de ajustamento devido ao percentual de veículos pesados. Suas variáveis são reais.
- 3.1.1.3. tabela de greide. tab-greide(i):  
fornece o fator de ajustamento devido ao greide. Suas variáveis são reais.

3.1.1.4.tabela de manobras de estabionamento.tab-manobras(i,j): fornece o fator de ajustamento devido a manobras de estacionamento. Suas variáveis são reais.

3.1.1.5.tabela de ônibus.tab-Bus(i,j): forence o fator de ajustamento devido a manobras de ônibus no local. Suas variáveis são reais.

3.1.1.6.tabela de área.tab-Área(i): fornece o fator de ajustamento devido ao tipo de área da interseção. Suas variáveis são reais.

### 3.1.2.Matrizes:

3.1.2.1.Leste-Flux(i,j):contém os dados para o ajustamento da taxa de fluxo de saturação da aproximação Leste.Suas variáveis são reais.

3.1.2.2.Oeste-Flux(i,j):contém os dados para o ajustamento da taxa de fluxo de saturação da aproximação Oeste. Suas variáveis são reais.

3.1.2.3.Norte-Flux(i,j):contém os dados para o ajustamento da taxa de fluxo de saturação da aproximação Norte. Suas variáveis são reais.

3.1.2.4.Sul-Flux(i,j):contém os dados para o ajustamento da taxa de fluxo de saturação da aproximação Sul. Suas variáveis são reais.

## 3.2. Formulário Suplementar

### 3.2.1. Vetores

- 3.2.1.1. Taxa de fluxo de saturação da aproximação oposta, em vph por tempo de verde.  $Sop(i)$ . Suas variáveis são reais.
- 3.2.1.2. Taxa de fluxo da aproximação oposta, em vph  $Yo(i)$ . Suas variáveis são reais.
- 3.2.1.3. porção de verde não bloqueada pela liberação de uma fila oposta, em segundos.  $gu(i)$ . Suas variáveis são reais.
- 3.2.1.4. fator de saturação de convergência à esquerda.  $fE(i)$ . Suas variáveis são reais.
- 3.2.1.5. proporção de convergências à esquerda num meio dividido ou de faixa de convergência à esquerda.  $pE(i)$ . Suas variáveis são reais.
- 3.2.1.6. porção da fase de verde bloqueada para convergências à esquerda pela liberação de uma fila de veículos oposta, em segundos.  $gq(i)$ . Suas variáveis são reais.
- 3.2.1.7. proporção de veículos com movimento direto num meio dividido ou de faixa de convergência à esquerda.  $P_T(i)$ . Suas variáveis são reais.
- 3.2.1.8. porção inicial de verde, durante a qual os movimentos diretos podem mover-se na faixa dividida com convergências até que a primeira convergência precise ser feita,

assim que a fila oposta libere a interseção, tempo este em que o veículo que vai convergir terá que esperar bloqueando a faixa para a porção restante de  $g_q(i)$ , em segundos.  $g_f(i)$ . Suas variáveis são reais.

3.2.1.9. equivalência de veículos de convergências à esquerda opostas.  $EC(i)$ . Suas variáveis são reais.

3.2.1.10. fator de convergência à esquerda de uma faixa única ou exclusiva.  $fm(i)$ . Suas variáveis são reais.

3.2.1.11. fator de convergência à esquerda para faixa dividida de aproximações com faixas múltiplas.  $f_{CE}(i)$ . Suas variáveis são reais.

#### 4. Análise de capacidade

##### 4.1. Matrizes

4.1.1. Taxa de fluxo v/s do grupo de faixas.  $tx-fluxo-v-s(i,j)$ . Suas variáveis são reais.

4.1.2. taxa de verde do grupo de faixas.  $taxa-verde-g-C(i,j)$ . Suas variáveis são reais.

4.1.3. capacidade do grupo de faixas.  $capac-grupo-faixas(i,j)$ . Suas variáveis são reais.

4.1.4. taxa v/c do grupo de faixas.  $taxa-v-c(i,j)$ . Suas variáveis são reais.

4.1.5. grupos de faixas críticos.  $grupo-fx-críticos(i,j)$ . Suas variáveis são caracteres.

## 5. Nível de serviço

### 5.1. Tabelas:

- 5.1.1.tabela de nível de serviço.tab-niv-serv(i). Suas variáveis são caracteres e inteiras.
- 5.1.2.tabela da taxa v/c.tab-taxa-vc(i): usada na determinação do fator de progressão. Suas variáveis são reais.
- 5.1.3.tabela do fator de progressão.tab-fator-prog(imj). Suas variáveis são reais.

### 5.2. Matrizes:

- 5.2.1.demora do 1º termo.dem-d1(i,j). Suas variáveis são inteiras.
- 5.2.2.demora do 2º termo.dem-d2(i,j). Suas variáveis são inteiras.
- 5.2.3.fator devido ao tipo de progressão. fator-prog(i,j). Suas variáveis são reais.
- 5.2.4.demora do grupo de faixas.dem-grupo-fx(i,j). Suas variáveis são inteiras.
- 5.2.5.nível de serviço do grupo de faixas. niv-serv-gr-fx(i,j). Suas variáveis são caracteres.
- 5.2.6.demora da aproximação.dem-aprox(i). Suas variáveis são inteiras.
- 5.2.7.nível de serviço da aproximação.niv-serv-aprox(i). Suas variáveis são caracteres.

A opção 2 do menu é a recuperação dos formulários, que para ser efetuada basta dar o nome do arquivo (nome do módulo a ser recuperado).O mesmo procedimento ocorrerá com a escolha da 3ª e da 4ª opções, que são a gravação e impres



são dos formulários desejados. A 5ª opção é o término da edição dos formulários e a saída do sistema.

b) *Unidade do módulo dos dados de entrada*

Devido esse módulo já ter sido descrito com detalhes no capítulo 5, resta apresentar as variáveis procedimentos e funções que compõem o programa.

1. Variáveis

1.1. Inteiras

1.1.1. g-tempo de verde

1.1.2. y-tempo de amarelo

1.1.3. r-tempo de vermelho

1.2. Reais

1.2.1. d-distância a ser atravessada pelo pedestre

1.2.2. PVG-percentual de todos os valores em movimento que chegam durante a fase de verde.

1.2.3. PTG-percentual do ciclo que é verde para o movimento.

1.2.4.  $R_p$  - taxa de chegada do pelotão.

2. Procedimentos do programa

2.1. Procedure empilha-fase: responsável pelos registros das fases do semáforo.

2.2. Procedure recebe-fase-empilha: responsável pelo recebimento dos dados da fase do semáforo e pelo envio dos mesmos para o procedimento anterior.

2.3. Procedure removebranco: responsável pela remoção do espaço em branco para que se possa registrar um caractere.

- 2.4. Procedure recebe-dados-via: responsável pelo recebimento dos dados de cada aproximação no que se refere a greide, veículos pesados, estacionamento, ônibus, fator hora de pico, pedestres e tipo de chegada.
- 2.5. Procedure recebe-dados-greide: responsável pelo recebimento dos dados geométricos de cada aproximação no que se refere a largura de faixas, a existência de estacionamento, bainhas de armazenamento, ilhas e paradas de ônibus nas proximidades da interseção, além dos tipos de movimentos existentes em cada aproximação.
- 2.6. Procedure dados-entrada: responsável por toda a manipulação de tela para o recebimento dos dados de entrada.
- 2.7. Procedure VID-REV: responsável pelo posicionamento das setas do faseamento que indicam o tipo de movimento.

### 3. Funções

- 3.1. Function-decod e Function decodifica: são responsáveis pela decodificação das letras P,B,T e D como sendo movimentos de convergências protegidas, convergências toleradas, travessia de pedestres e movimento direto, respectivamente. Estas funções são utilizadas no registro do faseamento do semáforo.
- 3.2. Function SETA: recebe a decodificação das funções anteriores e registra setas correspondentes aos movimentos interpretados.

c) *Unidade do módulo de ajustamento de volume*

Esse módulo apresenta todas as suas variáveis definidas no programa principal e todo o seu funcionamento descrito

com detalhes no capítulo 5, sendo assim, aqui serão apresentados os procedimentos e funções que compõem o seu programa.

## 1. Procedimentos do programa:

- 1.1. Procedure imp-cab: responsável pela manipulação de tela.
- 1.2. Procedure calcula-ajust-vol: responsável pelo cálculo de ajustamento de volume das aproximações.
- 1.3. Procedure entrada-ajust-L-0: responsável pelo recebimento dos volumes ajustados das aproximações Leste e Oeste.
- 1.4. Procedure entrada-ajust-N-S: responsável pelo recebimento dos volumes ajustados das aproximações Norte e Sul.
- 1.5. Procedure exhibe-grupo-faixa-L-0: apresenta na tela os grupos de faixas estabelecidos para as aproximações Leste e Oeste.
- 1.6. Procedure exhibe-grupo-faixa-N-S: apresenta na tela os grupos de faixas estabelecidos para as aproximações Norte e Sul.
- 1.7. Procedure ajustamento-volume: apresenta os fluxos ajustados em função do fator de utilização das faixas.

## 2. Funções

- 2.1. Function fator-utiliz: responsável pela determinação do fator de utilização de faixas no grupo de faixas através de pesquisa em tabela interna ao programa.

d) *Unidade do módulo de ajustamento da taxa de fluxo de saturação.*

### 3.1. Módulo de ajustamento da taxa de fluxo de saturação.

Esse módulo apresenta todas as suas variáveis básicas de

finidas no programa principal e todo o seu funcionamento descrito com detalhes no capítulo 5, sendo assim, que serão apresentados somente os procedimentos e funções que compõem o seu programa.

### 3.1.1. Procedimentos do programa:

- 3.1.1.1. Procedure telon, telon1, telon2, telon3 e telon4: são responsáveis pelo aparecimento das janelas para a entrada de dados ainda não definidos ou recebidos.
- 3.1.1.2. Procedure teloff: responsável pelo desaparecimento das janelas para se dar prosseguimento aos cálculos.
- 3.1.1.3. Procedure Dados-Leste: responsável pelo recebimento dos dados necessários para os cálculos suplementares de convergência à esquerda da aproximação Leste.
- 3.1.1.4. Procedure Dados-Oeste: responsável pelo recebimento dos dados necessários para os cálculos suplementares de convergência à esquerda da aproximação Oeste.
- 3.1.1.5. Procedure Dados-Norte: responsável pelo recebimento dos dados necessários para os cálculos suplementares de convergência à esquerda da aproximação Norte.
- 3.1.1.6. Procedure Dados-Sul: responsável pelo recebimento dos dados necessários para os cálculos suplementares de convergência à esquerda da aproximação Sul.

- 3.1.1.7. Procedure imp-cab-sat: responsável pela tela do módulo de ajustamento da taxa de fluxo de saturação para cada aproximação.
- 3.1.1.8. Procedure exibe-grupo-faixa-sat-LO: responsável pela apresentação dos grupos de faixas estabelecidos para as aproximações Leste e Oeste no módulo anterior.
- 3.1.1.9. Procedure exibe-grupo-faixa-sat-NS: responsável pela apresentação dos grupos de faixas estabelecidos para as aproximações Norte e Sul no módulo anterior.
- 3.1.1.10. Procedure exibe-calc-aprox-Leste, exibe-calc-aprox-oeste, exibe-calc-aprox-norte e exibe-calc-aprox-sul: responsáveis pela apresentação em tela dos cálculos das aproximações Leste, Oeste, Norte e Sul, respectivamente.
- 3.1.1.11. Procedure ajust-fluxo-saturação: responsável pelo ajustamento final da taxa de fluxo de saturação.

### 3.1.2. Funções

- 3.1.2.1. Function poten: calcula uma potência utilizada numa equação dos cálculos suplementares de convergência à esquerda.
- 3.1.2.2. Function conv-ajust-Leste: responsável pela decodificação de caracteres em setas para indicar o tipo de movimento nos grupos de faixas estabelecidos.

- 3.1.2.3. Function Fator-largura: contém a tabela de ajustamento devido a largura das faixas no grupo de faixas.
- 3.1.2.4. Function Fator-Vei-Pes: contém a tabela de ajustamento devido a presença de veículos pesados.
- 3.1.2.5. Function Fator-Manobras: contém a tabela de ajustamento devido a manobras de estacionamento no local.
- 3.1.2.6. Function Fator-Bus: contém a tabela de ajustamento devido a manobras de ônibus no local.
- 3.1.2.7. Function Calculos-suplementares: responsável pelo cálculo do fator de convergência à esquerda tolerada e de aproximação de faixa única.
- 3.1.2.8. Function Fator-Conv-Esq: responsável pelo cálculo do fator de convergência à esquerda em geral.
- 3.1.2.9. Function Fator-Conv-Dir: responsável pelo cálculo do fator de convergência à direita.

### 3.2. Formulário suplementar para o cálculo de $f_{CE}$

Esse formulário apresenta todas as suas variáveis definidas no programa principal e todo o seu funcionamento descrito com detalhes no capítulo 5, sendo assim, aqui serão apresentados somente os procedimentos que compõem o seu programa.

### 3.2.1. Procedimentos do programa

3.2.1.1. Procedure `exibe` formulário suplementar: responsável pela apresentação na tela do formulário suplementar.

#### e) *Unidade de análise de capacidade*

Esse módulo apresenta quase todas as suas variáveis definidas no programa principal e todo o seu funcionamento descrito em detalhes no capítulo 5, sendo assim, serão apresentados nessa seção as variáveis restantes e os procedimentos que compõem o seu programa.

#### 1. Variáveis

##### 1.1. Inteira

1.1.1. `tempo perdido`. `tempo-perd-L`.

##### 1.2. Real

1.2.1. taxa v/c crítica da interseção. `Xc`

#### 2. Procedimentos do programa

2.1. Procedure `imp-cab-capc`: responsável pela tela do módulo de análise de capacidade.

2.2. Procedure `janela`: responsável pela janela que aparece para a entrada dos dados necessários para o cálculo da taxa v/c crítica da interseção e para a entrada do valor da fase de verde de cada aproximação para o cálculo do g/C (taxa de verde).

2.3. Procedure `exibe-grupo-faixa-cap-LO`: responsável pela apresentação dos grupos de faixas estabelecidos para as aproximações Leste e Oeste.

- 2.4. Procedure exibe-grupo-faixa-cap-NS: responsável pela apresentação dos grupos de faixas estabelecidos para as aproximações Norte e Sul.
- 2.5. Procedure exibe-calc-capacidade: responsável pela apresentação na tela dos cálculos do módulo de análise de capacidade para as aproximações.
- 2.6. Procedure analise-capacidade: responsável pelos cálculos da análise de capacidade.

f) *Unidade do módulo de nível de serviço*

Esse módulo apresenta quase todas as suas variáveis definidas no programa principal e todo o seu funcionamento descrito em detalhes no capítulo 5, sendo assim, serão apresentados nessa seção as variáveis ainda não definidas, os procedimentos e as funções que compõem o seu programa.

1. Variáveis

1.1. Inteira

1.1.1. demora da interseção. dem-int.

1.2. Caractere

1.2.1. nível de serviço da interseção. niv-serv-int.

2. Procedimentos do programa

2.1. Procedure imp-cab-nivserv: responsável pela tela do módulo de nível de serviço.

2.2. Procedure exibe-calc-niv-serv: responsável pela apresentação na tela dos cálculos do módulo do nível de serviço.

2.3. Procedure nível-serviço: responsável pelos cálculos do módulo de nível de serviço para todas as aproximações.



### 3. Funções

3.1. Function `pesq-niv-serv`: responsável pela pesquisa na ta  
bela do nível de serviço.

3.2. Função `pesq-tabela-1`, `pesq-tabela-2`, `pesq-tabela-3`, `pesq-tabela-4` e `pesq-fator-prog`: responsáveis pela pesquisa na tabela do fator de progressão.

A opção 2 do menu do programa principal é a recuperação de formulários já editados, isto permite a recuperação com  
pleta de um cenário estudado. Essa unidade é chamada de LEFORM e possui um único procedimento chamado de Procedure `le-form` o qual é responsável pela leitura das variáveis, ma  
trizes, vetores, tabelas e funções de cada módulo de edição, ou seja, dados de entrada, ajustamento de volume, ajustamen  
to da taxa de fluxo de saturação, análise de capacidade e ní  
vel de serviço.

A opção 3 do menu do programa principal é a gravação do formulário editado, isto permite guardar um cenário estudado para uma posterior observação. Essa unidade é chamada de GRAVFORM e possui um único procedimento chamado de Procedure `grava-form` o qual é responsável pela gravação das variáveis, matrizes, vetores, tabelas e funções de cada módulo de edi  
ção.

A opção 4 do menu do programa principal é a impress  
ão dos formulários editados, isto permite uma documentação em papel de um cenário analisado, bem como uma melhor visualiza  
ção da situação. Essa unidade é chamada de IMPRESS e possui os seguintes procedimentos:

1. Procedure `impr-cab-vol-geo`: responsável pela impressão das 1.<sup>a</sup> e 2.<sup>a</sup> telas do módulo dos dados de entrada.

- 2.Procedure impr-aprox-vol;geo2: responsável pela impressão da 1<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> tela do módulo dos dados de entrada.
- 3.Procedure impr-cab-via: responsável pela impressão do cabeçalho da 3<sup>a</sup> tela do módulo dos dados de entrada.
- 4.Procedure impr-aprox-via: responsável pela impressão da 3<sup>a</sup> tela do módulo dos dados de entrada.
- 5.Procedure impr-fase: responsável pela impressão das telas do faseamento do módulo dos dados de entrada.
- 6.Procedure impr-form-entrada: responsável pela impressão conjunta de todo o formulário de dados de entrada.
- 7.Procedure impr-cab-vol: responsável pela impressão conjunta do formulário de ajustamento de volume.
- 8.Procedure impr-tab-vol-L-0: responsável pela impressão da tela das aproximações Leste e Oeste do módulo de ajustamento de volume.
- 9.Procedure impr-tab-vol-N-S: responsável pela impressão das telas das aproximações Norte e Sul do módulo de ajustamento de volume.
- 10.Procedure impr-cab-sat: responsável pela impressão do cabeçalho da tela do módulo de ajustamento da taxa de fluxo de saturação.
- 11.Procedure impr-tab-sat-Leste: responsável pela impressão da tela da aproximação Leste do módulo de ajustamento da taxa de fluxo de saturação.
- 12.Procedure impr-tab-sat-Oeste: responsável pela impressão da tela da aproximação Oeste do módulo de ajustamento da taxa de fluxo de saturação.
- 13.Procedure impr-tab-sat-Norte: responsável pela impressão da tela da aproximação Norte do módulo de ajustamento da

taxa de fluxo de saturação.

- 14.Procedure impr-tab-sat-Sul: responsável pela impressão da tela da aproximação Sul do módulo de ajustamento da taxa de fluxo de saturação.
- 15.Procedure impr-cab-suplementar: responsável pela impressão do cabeçalho do formulário suplementar do módulo da taxa de ajustamento do fluxo de saturação.
- 16.Procedure impr-form-suplementar: responsável pela impressão da tela do formulário suplementar.
- 17.Procedure impr-cab-capac: responsável pela impressão do cabeçalho do formulário do módulo de análise de capacidade.
- 18.Procedure impr-tab-capc-L-0: responsável pela impressão das telas das aproximações Leste e Oeste do módulo de análise de capacidade.
- 19.Procedure impr-tab-capac-N-S: responsável pela impressão das telas das aproximações Norte e Sul do módulo de análise de capacidade.
- 20.Procedure impr-cab-nivserv: responsável pela impressão do cabeçalho do formulário de nível de serviço.
- 21.Procedure impr-tab-niv-serv-L-0: responsável pela impressão das telas das aproximações Leste e Oeste do módulo de nível de serviço.
- 22.Procedure impr-tab-niv-serv-N-S: responsável pela impressão das telas das aproximações Norte e Sul do módulo de nível de serviço.
- 23.Procedure impress-form: responsável pela impressão de todos os formulários.

A opção 5 do menu do programa principal é a saída do sistema o que indica o término dos trabalhos.

APÉNDICE VIII

SOFTWARE ACS

```

(*****
*
* Sistema: Analisador de Cruzamentos Semaforizados *
*
* Modulo: Gerenciador *
*
* Funcao: Edicao de Formularios; *
*          Gravacao e Recuperacao de Formularios; *
*          Impressao de Formularios. *
*
* Em: 1990/91 *
*
*****)

program acs(input,output);
uses crt,entrada,ajustvo,ajustsat,suplementar,
    capacida,nivserv,gravform,leform,impress;

type vetormens = array [1..6] of string;

var max,optcao,form : integer;
    mensg,mensg2 : vetormens;
    nome_arq : string;

procedure exhibe_menu(n,linha,coluna:integer; var max,pos:integer;
    mensg: vetormens);
begin
    max := 0;
    for i:= 1 to n do
        if (length(mensg[i]) > max) then
            max := length(mensg[i]);

    gotoxy(coluna,linha);write(' ');gotoxy(coluna+max+1,linha);write(' ');
    for i:= 1 to max do
        begin
            gotoxy(coluna + i,linha);write(' ');
        end;

    for i:= linha + 1 to linha + n do
        begin
            gotoxy(coluna,i);
            write('|');
            gotoxy(coluna + max + 1,i);
            write('|');
        end;
    gotoxy(coluna,linha+n+1);write('L');gotoxy(coluna+max+1,linha+n+1);write('');
    for i:= 1 to max do
        begin
            gotoxy(coluna + i,linha+n+1);write('-');
        end;

    for i:= 1 to n do
        begin
            gotoxy(coluna + i,linha + i);write(mensg[i]);

```

```

    if (j = pos) then
        vid_rev(coluna+i,linha+i,max,47)
    else
        vid_rev(coluna+i,linha+i,max,23)
    end
end;

procedure menu(n,linha,coluna:integer; var pos:integer;
              mensg:vetormens);
var teclas_edicao : set of 1..80;
    max,posant,pospos,tecla : integer;

begin
    teclas_edicao := [72,80,13];

    exibe_menu(n,linha,coluna,max,pos,mensg);

    gotoxy(79,23);
    while (true) do
    begin
        repeat
            tecla := ord(readkey)
        until (tecla in teclas_edicao);
        case tecla of
            80 : if (pos < n) then
                    pos := pos + 1
                else
                    pos := 1;

            72 : if (pos > 1) then
                    pos := pos - 1
                else
                    pos := n;

            13 : exit
        end;

        if (pos > 1) then posant := pos - 1
        else posant := n;

        if (pos < n) then pospos := pos + 1
        else pospos := 1;

        vid_rev(coluna + 1,linha + posant,max,83);
        vid_rev(coluna + 1,linha + pos,max,47);
        vid_rev(coluna + 1,linha + pospos,max,23)
    end
end;

procedure imp_cab_gerenc;
begin
    clrscr;
    gotoxy(1,1);

```

```

write(' ');
write(' UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA ');
write(' CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA ');
write(' DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL - AREA DE TRANSPORTES ');
write(' ANALISADOR DE CRUZAMENTOS SEMAFORIZADOS ');
write(' ');
write(' ');
for i:= 8 to 22 do
begin
  gotoxy(1,i);
  write(' ');
  gotoxy(80,i);
  write(' ');
end;
write(' ');
gotoxy(53,24);writeln('Teclas de Edicao: ',chr(17),'-',' ',chr(24),' ',chr(25));
vid_rev(3,5,32,15)
end;

procedure pede_nome_arquivo(linha,coluna:integer; var nome_arq:string);
begin
  gotoxy(coluna,linha); write(' ');
  gotoxy(coluna,linha+1);write(' Arquivo: ');
  gotoxy(coluna,linha+2);write(' ');
  gotoxy(coluna+11,linha+1);readln(nome_arq);
  for i:= linha to linha + 2 do
  begin
    gotoxy(coluna,i);write(' ')
  end
end;

begin ( programa principal )

( inicializacao de variaveis para os modulos de entrada e ajuste volume )

tipo_cheg[1] := 0.00; ( tabela de tipo de chegada )
tipo_cheg[2] := 0.51; ( versus Rp )
tipo_cheg[3] := 0.86;
tipo_cheg[4] := 1.16;
tipo_cheg[5] := 1.51;
tipo_cheg[6] := 100.0;

analista := ' ';perodo := ' ';tipo_area := ' ';cabfase := nil;nomeviaL_U := ' ';
intersecao := ' ';no_projeto := ' '; local := ' ';data := ' ';nomeviaN_S := ' ';
ciclo := 0;
tecla_edic := [13,75,77,72,00];
tecla_retroc := [72,75];
cardeais:= 'LESTEOESTENORTESUL ';

for i := 1 to 4 do

```



```

begin
  for j := 1 to 3 do
    begin
      volume[i,j] := 0;
      taxa_fluxo[i,j] := 0;
      tx_fl_grupo_faixa[i,j] := 0.0;
      num_faixas_grupo[i,j] := 0;
      fator_util[i,j] := 0;
      fluxo_ajust[i,j] := 0.0;
      larg_faixa[i,j] := 0.0;
      veic_pesado [i,j] := 0.0;
      onibus [i,j] := 0.0;
      flp [i,j] := 0.0
    end;

    for j := 1 to 2 do
      begin
        estacio[i,j] := ' ';
        bainhas[i,j] := 0.0;
        no_manobras [i,j] := 0.0;
        tempo_min [i,j] := 0.0
      end;

    for j := 1 to 10 do
      begin
        grupo_faixa[i,j] := '.';
        if (j = 4) then grupo_faixa[i,j] := '0'
      end;

    for j:= 1 to 12 do
      mov_faixas[i,j] := '.';

    for j := 1 to 4 do
      proporc_conv[i,j] := 0;

    no_faixas[i] := 0;
    ilhas[i] := ' ';
    parad_onib[i] := ' ';
    greide[i] := 0;
    pedestres [i] := 0;
    tipo_chegada [i] := 0
  end;

  ( inicializacao de matrizes )
  ( para o modulo de ajuste de saturacao )

  for i:= 1 to 3 do
    for j:= 1 to 9 do
      begin
        Leste_flux [i,j]:= 0;
        Oeste_flux [i,j]:= 0;
        Norte_flux [i,j]:= 0;
        Sul_flux [i,j]:= 0;
      end;

  ( inicializacao de variaveis do modulo
  suplementar de ajuste de saturacao )

```

```

for i:= 1 to 4 do
begin
  Sop[i] := 0;
  Yo[i] := 0;
  gu[i] := 0;
  fE[i] := 0;
  pE[i] := 0;
  gq[i] := 0;
  pTE[i] := 0;
  g[i] := 0;
  ECE[i] := 0;
  f=[i] := 0;
  fCE[i] := 0;
end;

      ( inicializacao de tabelas          )
      ( para o modulo de ajuste de saturacao )

Tab_Largura [1]:= 0.87;
for i:= 2 to 8 do
  if (i < 4) and (i < 7) then
    Tab_Largura [i]:= Tab_Largura [i-1] + 0.03
  else
    Tab_Largura [i]:= Tab_Largura [i-1] + 0.04;

Tab_Vei_Pes [1]:= 1;
for i:= 2 to 10 do
  if i <= 6 then
    Tab_Vei_Pes [i]:= Tab_Vei_Pes [i-1] - 0.01
  else
    Tab_Vei_Pes [i]:= Tab_Vei_Pes [i-1] - 0.02;

Tab_Greide [1]:= 1.03;
for i:=2 to 7 do
  Tab_Greide [i]:= Tab_Greide [i-1] - 0.01;

Tab_Manobras [1,1]:= 1.00;
Tab_Manobras [1,2]:= 0.85;
for i:= 3 to 5 do
  Tab_Manobras [1,i]:= Tab_Manobras [1,i-1] - 0.05;

Tab_Manobras [2,1]:= 1.00;
Tab_Manobras [2,2]:= 0.92;
for i:= 3 to 5 do
  if i <= 3 then
    Tab_Manobras [2,i]:= Tab_Manobras [2,i-1] - 0.03
  else
    Tab_Manobras [2,i]:= Tab_Manobras [2,i-1] - 0.02;

Tab_Manobras [3,1]:= 1.00;
Tab_Manobras [3,2]:= 0.95;
for i:= 3 to 5 do

```

```

Tab_Manobras [3,i]:= Tab_Manobras [3,i-1] - 0.02;

Tab_Bus [1,1]:=1;
Tab_Bus [2,1]:=1;
Tab_Bus [3,1]:=1;
for i:= 2 to 5 do
  if i (<= 4) then
    Tab_Bus [1,i]:= Tab_Bus [1,i-1] - 0.04
  else
    Tab_Bus [1,i]:= Tab_Bus [1,i-1] - 0.05;

for i:= 2 to 5 do
  Tab_Bus [2,i]:= Tab_Bus [2,i-1] - 0.02;

for i:= 2 to 5 do
  if (i (<) 3) and (i (<) 5) then
    Tab_Bus [3,i]:= Tab_Bus [3,i-1] - 0.01
  else
    Tab_Bus [3,i]:= Tab_Bus [3,i-1] - 0.02;

Tab_Area [1]:= 0.90;
Tab_Area [2]:= 1;

      ( inicializacao de matrizes e tabelas )
      ( para o modulo de analise de capacidade )

v_s_total := 0;
tempo_perd_L := 0;
Xc := 0;
for i:= 1 to 4 do
  for j:= 1 to 3 do
    begin
      taxa_fluxo_v_s[i,j] := 0;
      taxa_verde_g_C[i,j] := 0;
      capac_grupo_faixas[i,j] := 0;
      taxa_v_c[i,j] := 0;
      grupos_ox_criticos[i,j] := ' '
    end;

      ( inicializacao de matrizes e tabelas )
      ( para o modulo de nivel de servico )

dem_int := 0;
niv_serv_int := ' ';
for i := 1 to 4 do
  for j := 1 to 3 do
    begin
      dem_d1[i,j] := 0;
      dem_d2[i,j] := 0;
      fator_prog[i,j] := 0;

```

```

dem_grupo_fx[i,j] := 0;
niv_serv_gr_fx[i,j] := ' ';
dem_aprox[i] := 0;
niv_serv_aprox[i] := ' ';
end;

for i := 1 to 6 do
  tab_niv_serv[i] := chr(i + 64);

  tab_dem_med[1] := 0;
  tab_dem_med[2] := 5;
  tab_dem_med[3] := 15;
  tab_dem_med[4] := 25;
  tab_dem_med[5] := 40;
  tab_dem_med[6] := 60;
  tab_dem_med[7] := 9999;

  tab_taxa_vc[1] := 0;
  tab_taxa_vc[2] := 0.6;
  tab_taxa_vc[3] := 0.8;
  tab_taxa_vc[4] := 1;

  tab_fator_prog_1[1,1] := 1.05;
  tab_fator_prog_1[1,2] := 1.35;
  tab_fator_prog_1[1,3] := 1.00;
  tab_fator_prog_1[1,4] := 0.72;
  tab_fator_prog_1[1,5] := 0.53;
  tab_fator_prog_1[2,1] := 1.50;
  tab_fator_prog_1[2,2] := 1.22;
  tab_fator_prog_1[2,3] := 1.00;
  tab_fator_prog_1[2,4] := 0.82;
  tab_fator_prog_1[2,5] := 0.67;
  tab_fator_prog_1[3,1] := 1.40;
  tab_fator_prog_1[3,2] := 1.10;
  tab_fator_prog_1[3,3] := 1.00;
  tab_fator_prog_1[3,4] := 0.90;
  tab_fator_prog_1[3,5] := 0.82;

  tab_fator_prog_2[1,1] := 1.54;
  tab_fator_prog_2[1,2] := 1.08;
  tab_fator_prog_2[1,3] := 0.85;
  tab_fator_prog_2[1,4] := 0.62;
  tab_fator_prog_2[1,5] := 0.40;
  tab_fator_prog_2[2,1] := 1.25;
  tab_fator_prog_2[2,2] := 0.98;
  tab_fator_prog_2[2,3] := 0.85;
  tab_fator_prog_2[2,4] := 0.71;
  tab_fator_prog_2[2,5] := 0.50;
  tab_fator_prog_2[3,1] := 1.16;
  tab_fator_prog_2[3,2] := 0.94;
  tab_fator_prog_2[3,3] := 0.85;
  tab_fator_prog_2[3,4] := 0.70;
  tab_fator_prog_2[3,5] := 0.61;

```

```

tab_fator_prog_3[1,1] := 1.85;
tab_fator_prog_3[1,2] := 1.35;
tab_fator_prog_3[1,3] := 1.00;
tab_fator_prog_3[1,4] := 0.72;
tab_fator_prog_3[1,5] := 0.42;
tab_fator_prog_3[2,1] := 1.50;
tab_fator_prog_3[2,2] := 1.22;
tab_fator_prog_3[2,3] := 1.00;
tab_fator_prog_3[2,4] := 0.82;
tab_fator_prog_3[2,5] := 0.53;
tab_fator_prog_3[3,1] := 1.40;
tab_fator_prog_3[3,2] := 1.18;
tab_fator_prog_3[3,3] := 1.00;
tab_fator_prog_3[3,4] := 0.90;
tab_fator_prog_3[3,5] := 0.65;

```

```

tab_fator_prog_4[1,1] := 1.40;
tab_fator_prog_4[1,2] := 1.18;
tab_fator_prog_4[1,3] := 1.00;
tab_fator_prog_4[1,4] := 0.86;
tab_fator_prog_4[1,5] := 0.70;
tab_fator_prog_4[2,1] := 1.20;
tab_fator_prog_4[2,2] := 1.07;
tab_fator_prog_4[2,3] := 1.00;
tab_fator_prog_4[2,4] := 0.98;
tab_fator_prog_4[2,5] := 0.89;
tab_fator_prog_4[3,1] := 1.12;
tab_fator_prog_4[3,2] := 1.04;
tab_fator_prog_4[3,3] := 1.00;
tab_fator_prog_4[3,4] := 1.00;
tab_fator_prog_4[3,5] := 1.00;

```

( processamento de formularios )

```

imp_cab gerenc;
opcao := 1;
while (opcao <> 5) do
begin
  mensg[1] := 'Edicao de Formularios';
  mensg[2] := 'Recuperacao de Formularios';
  mensg[3] := 'Gravacao de Formularios';
  mensg[4] := 'Impressao de Formularios';
  mensg[5] := 'Saida do Sistema';
  menu(5,9,7,opcao,mensg);

  case opcao of
    1: begin
      form := 1;
      while (form <> 6) do
      begin
        mensg2[1] := 'Formulario Bados Entrada';
        mensg2[2] := 'Ajustamento de Volume';
        mensg2[3] := 'Ajuste Fluxo Saturacao';
        mensg2[4] := 'Analise de Capacidade';

```

```

mensg2[5] := 'Analise Nivel Servico';
mensg2[6] := 'Termina Edicao Formularios';
menu(6,10,30,form,mensg2);
case form of
  1 : dados_entrada;
  2 : ajustamento_volume;
  3 : ajust_fluxo_saturacao;
  4 : analise_capacidade;
  5 : nivel_servico
end;
if (form <> 6) then
begin
  imp_cab gerenc;
  exhibe_menu(5,9,7,max,optao,mensg)
end
else
  for i := 10 to 17 do
  begin
    gotoxy(30,i);write('
  end
end
end;
2: begin
  pede_nome_arquivo(10,30,nome_arq);
  le_form(nome_arq)
end;
3: begin
  pede_nome_arquivo(11,30,nome_arq);
  grava_form(nome_arq)
end;
4: begin
  pede_nome_arquivo(12,30,nome_arq);
  writeln('Informe o nome do arquivo: ');
  assign('out.txt','');
  rewrite(output);
  imp_cab gerenc;
  exhibe_menu(5,9,7,max,optao,mensg)
end
end;
end;
end;
end;
.....
*
* Sistema: Analisador de Cruzamentos Semaforizados *
*
* Modulo: ENTRADA.PAS *
*
* Funcao: Edicao do formulario dos dados volumetricos *
* e geometricos; condicoes de trafego e da *
* via e do dados de faseamento *
*
* Em: 1990/91 *
*

```

```

*****)

unit entrada;
interface
uses crt;
type
    apont_fase = ^fase;
    diag = array [1..48] of char;
    fase = record
        diagrama : diag;
        g        : integer;
        yr       : integer;
        fixat    : char;
        ant      : apont_fase;
        prox     : apont_fase;
    end;

var i,j,k,ciclo,total,total2,g,
    gr,buffer,campo,
    indiv,T                : integer;

    d,PVG,PIG,Rp          : real;
    carac, tipo_area,fixat,buffchr : char;

    intersecao, data, analista,
    periodo, no_projeto, cardeais,
    nomeviaN_S, nomeviaL_0, local,naosim,
    buffstr                : string;

    tipo_cheg              : array [1..6] of real;
    diagrama                : diag;
    p, cubfase              : apont_fase;
    tecla_edic,tecla_retroc : set of 0..99;

    volume                  : array [1..4,1..3] of integer;
    no_faixas               : array [1..4] of integer;

    larg_faixa              : array [1..4,1..3] of real;
    estacio                 : array [1..4,1..2] of char;
    bainhas                 : array [1..4,1..2] of real;
    ilhas,parad_onib        : array [1..4] of char;
    mov_faixas              : array [1..4,1..12] of char;

    greide                  : array [1..4] of real;
    veic_pesado             : array [1..4,1..3] of real;
    no_manobras             : array [1..4,1..2] of real;
    onibus                  : array [1..4,1..3] of real;
    fhp                     : array [1..4,1..3] of real;
    pedestres               : array [1..4] of real;
    tempo_min               : array [1..4,1..2] of real;
    tipo_chegada            : array [1..4] of real;

procedure empilha_fase(diagrama : diag;

```

```

        g,yr : integer;
        fixat : char);
function decodifica(carac:char; pos:integer):char;
function decodifca(carac:char; pos:integer):char;
procedure recebe_fase_empilha;
procedure removebranco(var buffstr:string);
procedure recebe_dados_via(linha,card:integer);
procedure recebe_dados_geomet(linha,card:integer);
function seta(carac:char; pos,cardeal:integer):char;
procedure dados_entrada;
PROCEDURE VIO_REV(COL,LIN,TAM,AT:INTEGER);

```

implementation

( FUNCAO : SETA

```

    carac -> caractere a ser convertido
    pos   -> posicao logica no vetor grupo_faixa
    cardeal -> numero correspondente a um ponto cardeal
                1 - norte
                2 - sul
                3 - leste
                4 - oeste )

```

```

function seta(carac:char; pos,cardeal:integer):char;
var conv_esq : set of 0..10;
    conv_dir : set of 0..10;
begin
    conv_esq := [1,2,3,6];
    conv_dir := [5,8,9,10];
    seta := carac;
    case (upcase(carac)) of
        'P': if (pos in conv_esq) then
            case cardeal of
                1: seta := chr(17);
                2: seta := chr(17);
                3: seta := chr(30);
                4: seta := chr(30);
            end
        end
        else
            case cardeal of
                1: seta := chr(16);
                2: seta := chr(16);
                3: seta := chr(31);
                4: seta := chr(31);
            end;
        end;
        'P': if (pos in conv_dir) then
            case cardeal of
                1: seta := '(';
                2: seta := '(';
                3: seta := '^';
                4: seta := '^';
            end
        end
    else

```



```

        case cardeal of
            1: seta := '>';
            2: seta := '>';
            3: seta := 'v';
            4: seta := 'v'
        end;

'T': case cardeal of
    1,2 : seta := '-';
    3,4 : seta := 'I'
end;
'.': seta := '.';
'D': case cardeal of
    1 : seta := chr(30);
    2 : seta := chr(31);
    3 : seta := chr(16);
    4 : seta := chr(17)
end
end
end;

PROCEDURE VID_REV(COL,LIN,TAM,AT:INTEGER);
VAR POS:INTEGER;
    I:INTEGER;

BEGIN
    POS:= 160 * (LIN - 1) + 2 * (COL - 1);
    FOR I:= 1 TO TAM DO
        IF (COL + I (= 80) THEN BEGIN
            WEN [#6000:POS + I] := AT;
            POS := POS + 2
        END
    END;

procedure empilha_fase(diagrama : diag;
                       g,gr : integer;
                       fixat : char);

begin
    new(p);
    p^.diagrama := diagrama;
    p^.g := g;
    p^.gr := gr;
    p^.fixat := fixat;
    if (cabfase () nil) then cabfase^.ant := p;
    p^.prox := cabfase;
    p^.ant := nil;
    cabfase := p
end;

function decodifica(carac:char; pos:integer):char;
var conv_esq : set of 0..100;
    conv_dir : set of 0..100;

begin
    conv_esq := [0,12,16,20,26,30,34,38];

```

```

conv_dir := [10,14,18,22,28,32,36,40];
decodifica := '.';
case (upcase(carac)) of
  'P': if (pos in conv_esq) then decodifica := chr(17)
        else decodifica := chr(16);
  'B': if (pos in conv_esq) then decodifica := '('
        else decodifica := ')';
  'T': decodifica := '-';
  '.': decodifica := '.';
  'D': decodifica := chr(30)
end
end;

function decod(carac:char; pos:integer):char;
var conv_esq : set of 0..100;
    conv_dir : set of 0..100;
begin
  conv_esq := [1,4,7,10];           ( posicoes logicas no vetor mov_faixas )
  conv_dir := [3,6,9,12];
  decod := '.';
  case (upcase(carac)) of
    'P': if (pos in conv_esq) then decod := chr(17)
          else decod := chr(16);
    'B': if (pos in conv_esq) then decod := '('
          else decod := ')';
    'T': decod := '-';
    '.': decod := '.';
    'D': decod := chr(30)
  end
end;

procedure recebe_fase_empilha;
begin
  gotoxy(0,7);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  if (not(buffer in tecla_edic) and (buffer < 27)) then begin
    j := 5;
    diagrama[13] := upcase(chr(buffer));
    write(decodifica(upcase(chr(buffer)),8));
    for i:= 14 to 24 do
      begin
        if ((i < 13) and ((i mod 3) = 1)) then j := j - 1;
        gotoxy(i-j,7);
        diagrama[i] := upcase(readkey);write(decodifica(diagrama[i],i-j))
      end;
    j := 11;
    for i:= 37 to 40 do
      begin
        if ((i < 37) and ((i mod 3) = 1)) then j := j - 1;
        gotoxy(i-j,7);
        diagrama[i] := upcase(readkey);write(decodifica(diagrama[i],i-j))
      end;
  end;
end;

```

```

j := 17;
for i:= 25 to 36 do
begin
  if ((i <> 25) and ((i mod 3) = 1)) then j := j - 1;
  gotoxy(i-j,13);
  diagrama[i] := upcase(readkey);write(decodifica(diagrama[i],i-j));
end;

j := 20;
for i:= 1 to 12 do
begin
  if ((i <> 1) and ((i mod 3) = 1)) then j := j + 1;
  gotoxy(i+j,13);
  diagrama[i] := upcase(readkey);write(decodifica(diagrama[i],i+j))
end;
gotoxy(28,18);readln(g);
gotoxy(28,19);readln(yr);
gotoxy(40,21);readln(fixat);fixat := upcase(fixat);
empilha_base(diagrama,g,yr,fixat)
end
end;

procedure removebranco(var buffstr:string);
var i:integer;
begin
  while (pos(' ',buffstr) <> 0) do
    for i:= 1 to length(buffstr) do
      if (buffstr[i] = ' ') then delete(buffstr,i,1)
    end;
end;

procedure recebe_dados_via(linha,card:integer);
begin
  write(chr(buffer));
  readln(buffstr);
  buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
  removebranco(buffstr);
  val(buffstr,greide[card],indiv);
  gotoxy(9,linha);write(greide[card]:6:1);
  for i := 1 to 3 do
  begin
    gotoxy(17,linha + i - 2);readln(veic_pesado[card,i])
  end;
  gotoxy(25,linha);readln(buffchr);
  if (upcase(buffchr) = 'S') then
  begin
    no_manobras[card,1] := 1;
    gotoxy(33,linha);readln(no_manobras[card,2])
  end
  else
  begin
    no_manobras[card,1] := 0;
    no_manobras[card,2] := 0;
  end
end;

```

```

    gotoxy(33,linha);writeln('-')
  end;
  for i := 1 to 3 do
  begin
    gotoxy(39,linha + i - 2);readln(onibus[card,i])
  end;
  for i := 1 to 3 do
  begin
    gotoxy(45,linha + i - 2);readln(fhp[card,i])
  end;
  gotoxy(50,linha);readln(pedestres[card]);
  gotoxy(59,linha);readln(buffchr);
  if (upcase(buffchr) = 'S') then
  begin
    tempo_min[card,1] := 1;
    gotoxy(65,linha);readln(tempo_min[card,2])
  end
  else
  begin
    tempo_min[card,1] := 0;
    gotoxy(52,11);write('_____');
    for i:= 12 to 20 do
    begin
      gotoxy(52,i);write('|');
    end;
    gotoxy(52,21);write('_____');
    gotoxy(54,13);write('Calculo de Tmp.min.:');
    gotoxy(56,15);write('GP = 7 + d / 1.22 - T');
    gotoxy(54,17);write('Forneca os valores de:');
    for i:= 12 to 20 do vid_rev(53,i,25,27);
    gotoxy(60,19);write('d = ');vid_rev(53,19,25,27);readln(d);
    gotoxy(60,20);write('T = ');vid_rev(53,20,25,27);readln(T);
    tempo_min[card,2] := 7 + d / 1.22 - T;
    gotoxy(65,linha);writeln(tempo_min[card,2]:4:1)
  end;
  gotoxy(52,11);write('_____');
  for i:= 12 to 20 do
  begin
    gotoxy(52,i);write('|');
  end;
  gotoxy(52,21);write('_____');
  gotoxy(53,12);write('Tipo de Chegada');
  gotoxy(53,13);write('[C]Calculado ou [A]dotado?');
  gotoxy(60,15);write('T T');
  for i:= 12 to 20 do vid_rev(53,i,25,27);
  gotoxy(61,13);read(buffchr);
  if (upcase(buffchr) = 'A') then
  begin
    tipo_chegada[card] := 3;
    readln
  end
  else
  begin
    gotoxy(53,17);write('Calculo de Rp = PVG / PT6');vid_rev(53,17,25,27);

```

```

gotoxy(60,19);write('PVG = ');vid_rev(53,19,25,27);readln(PVG);
gotoxy(60,20);write('PTG = ');vid_rev(53,20,25,27);readln(PTG);
Rp := PVG / PTG;
for i:= 1 to 5 do
  if ((Rp >= tipo_cheg[i]) and (Rp < tipo_cheg[i+1])) then
    tipo_chegada[card] := i;
end;

gotoxy(49,11);write('');
gotoxy(49,12);write('');
gotoxy(49,13);write('');
gotoxy(49,14);write('');
gotoxy(49,15);write('');
gotoxy(49,16);write('');
gotoxy(49,17);write('');
gotoxy(49,18);write('');
gotoxy(49,19);write('');
gotoxy(49,20);write('');
gotoxy(49,21);write('');
naosim := 'NS';
j := 7;
for i:= 6 to 9 do
begin
  k := (i mod 4) + 1;
  gotoxy(51,j);write(pedestres[k]:4:0);
  gotoxy(59,j);write(copy(naosim, trunc(tempo_min[k,1]) + 1,1):1, ' | ', tempo_min[k,2]:4:1);
  gotoxy(77,j);write(tipo_chegada[k]:1:0);
  j := j + 4;
end;
end;

procedure recebe_dados_geomet(linha,card:integer);
begin
  write(chr(buffer));
  readln(buffstr);
  buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
  removebranco(buffstr);
  val(buffstr,Larg_faixa[card,i],indinv);

  gotoxy(10,linha);readln(Larg_faixa[card,2]);
  gotoxy(10,linha+1);readln(Larg_faixa[card,3]);
  gotoxy(19,linha);readln(estacio[card,i]);
  gotoxy(27,linha);
  if (uppercase(estacio[card,i]) = 'S') then
    readln(estacio[card,2])
  else
    begin
      write('-');
      estacio[card,2] := ' ';
    end;
  gotoxy(34,linha);readln(carac);
  gotoxy(40,linha);
  if (uppercase(carac) = 'S') then

```

```

begin
  bainhas[card,1] := 1.0;
  readln(bainhas[card,2])
end
else
begin
  bainhas[card,1] := 0.0;
  bainhas[card,2] := 0.0;
  write(bainhas[card,2]:4:2)
end;

gotoxy(50,linha);readln(ilhas[card]);
gotoxy(57,linha);readln(parad_onib[card]);
j := 63;
for i:= 1 to 12 do
begin
  if ((i < 1) and ((i mod 3) = 1)) then j := j + 1;
  gotoxy(i,j,linha);
  mov_faixas[card,i] := upcase(readkey);write(decoded(mov_faixas[card,i],i));
end
end;

procedure dados_entrada;
var card,i:integer;
begin
  ( formulario dados entrada (1a. parte) )

  clrscr;
  gotoxy(1,1);
  write('-----');
  for i:= 2 to 23 do
  begin
    gotoxy(1,i);
    write('|');
    gotoxy(80,i);
    write('|');
  end;
  write('L Edicao: ',chr(17),' ' ,chr(17),'-- --',chr(16),' ',chr(24),' ',chr(25),
  '-----');
  gotoxy(2,2);writeln('Intersecao: ',intersecao:40,' Data: ',data:8);
  gotoxy(2,3);writeln('Analista: ',analista:20,' Per.Tempo: ',periodo:10,' Tipo Area: [',tipo_area,']');
  gotoxy(2,4);writeln('No.Projeto: ',no_projeto:15,' Cidade/Estado: ',local:20,' [11 COD]');
  gotoxy(70,5);writeln('[2] Outras');
  write('-----');
  gotoxy(2,7);write('DADOS VOLUMETRICOS total');
  gotoxy(2,8);
  total := volume[2,3] + volume[2,2] + volume[2,1];
  write('E GEOMETRICOS [',total:5,']');
  gotoxy(11,9);write(' volumes: [',volume[2,3]:3,'] [',volume[2,2]:3,'] [',volume[2,1]:3,']');
  gotoxy(11,10);write(chr(30),' nome via N/S: [',nomeviaN_S:15,']');
  gotoxy(11,11);write(chr(30),' nff',no_faixas[2]:1,']');
  gotoxy(9,12);write('NORTE -----');

```

```

gotoxy(30,13);write('volumes                volumes');
gotoxy(24,14);write('total: [',volume[3,1]:3,']                [',volume[4,3]:3,'] total');
gotoxy(23,15);total:=volume[3,1]+volume[3,2]+volume[3,3];
                total2:=volume[4,1]+volume[4,2]+volume[4,3];
write(' [',total:5,'] [',volume[3,2]:3,'] nff',no_faixas[3]:1,']                nff');
                no_faixas[4]:1,'] [',volume[4,2]:3,'] [',total2:5,']');
gotoxy(31,16);write(' [',volume[3,3]:3,']                [',volume[4,1]:3,']');
gotoxy(21,17);write('                ');
gotoxy(60,19);write('nome via L/D');
gotoxy(5,19);write('Identifique os                [',nomeviaL_D:15,']');
gotoxy(5,20);write('volumes no diagrama                nff',no_faixas[1],']');
gotoxy(5,21);write('e numero de faixas(=f)                volumes: [',volume[1,1]:3,'] [',volume[1,2]:3,'] [',volume[1,3]:3,']');
gotoxy(35,22);
total:= volume[1,1]+volume[1,2]+volume[1,3];
write('total: [',total:5,']');
for i:= 7 to 23 do
begin
  if((i(12) or (i)17)) then
  begin
    gotoxy(42,i);
    write('|');
    gotoxy(60,i);
    write('|')
  end
end;
end;

( entrada de dados )

carac := ' ';
while (carac <> 'S') do
begin
  gotoxy(14,2);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 1;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(intersecao);
    intersecao := concat(chr(buffer),intersecao);
  end;

  while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac <> 'S')) do begin
    gotoxy(65,2);buffer := ord(readkey);
    if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
    campo := 2;
    if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
      write(chr(buffer));
      readln(data);
      data := concat(chr(buffer),data);
    end;

    while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac <> 'S')) do begin
      gotoxy(12,3);buffer := ord(readkey);
      if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
      campo := 3;

```

```

if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
  write(chr(buffer));
  readln(analista);
  analista := concat(chr(buffer),analista);
end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(45,3);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 4;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(periodo);
    periodo := concat(chr(buffer),periodo);
  end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(71,3);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 5;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    tipo_area := chr(buffer);
  end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(114,4);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 6;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(no_projeto);
    no_projeto := concat(chr(buffer),no_projeto);
  end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(45,4);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 7;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(low);
    low := concat(chr(buffer),low);
  end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(45,4);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 8;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(buffstr);
    buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
    removebranco(buffstr);
  end;

```



```

val(buffstr,volume[2,3],indiv);
gotoxy(44,9);write(volume[2,3]:3);
total := volume[2,1]+volume[2,2]+volume[2,3];
gotoxy(49,8);write(total:5)
end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
gotoxy(50,9);buffer := ord(readkey);
if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
campo := 9;
if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
write(chr(buffer));
readln(buffstr);
buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
removebranco(buffstr);
val(buffstr,volume[2,2],indiv);
gotoxy(50,9);write(volume[2,2]:3);
total := volume[2,1]+volume[2,2]+volume[2,3];
gotoxy(49,8);write(total:5)
end;
end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
gotoxy(56,9);buffer := ord(readkey);
if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
campo := 10;
if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
write(chr(buffer));
readln(buffstr);
buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
removebranco(buffstr);
val(buffstr,volume[2,1],indiv);
gotoxy(56,9);write(volume[2,1]:3);
total := volume[2,1]+volume[2,2]+volume[2,3];
gotoxy(49,8);write(total:5)
end;
end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
gotoxy(44,10);buffer := ord(readkey);
if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
campo := 11;
if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
write(chr(buffer));
readln(nomeviaN_S);
nomeviaN_S := concat(chr(buffer),nomeviaN_S)
end;
end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
gotoxy(52,11);buffer := ord(readkey);
if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
campo := 12;
if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
write(chr(buffer));
val(chr(buffer),no_faixas[2],indiv)
end;
end;

```

```

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(32,14);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 13;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(buffstr);
    buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
    removebranco(buffstr);
    val(buffstr,volume[3,1],indinv);
    gotoxy(32,14);write(volume[3,1]:3);
    total := volume[3,1]+volume[3,2]+volume[3,3];
    gotoxy(24,15);write(total:5)
  end;

```

```

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(32,15);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 14;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(buffstr);
    buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
    removebranco(buffstr);
    val(buffstr,volume[3,2],indinv);
    gotoxy(32,15);write(volume[3,2]:3);
    total := volume[3,1]+volume[3,2]+volume[3,3];
    gotoxy(24,15);write(total:5)
  end;

```

```

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(32,16);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 15;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(buffstr);
    buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
    removebranco(buffstr);
    val(buffstr,volume[3,3],indinv);
    gotoxy(32,16);write(volume[3,3]:3);
    total := volume[3,1]+volume[3,2]+volume[3,3];
    gotoxy(24,15);write(total:5)
  end;

```

```

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(40,15);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 16;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    val(chr(buffer),no_faixas[3],indinv)
  end;

```

```

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(68,14);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 17;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(buffstr);
    buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
    removebranco(buffstr);
    val(buffstr,volume[4,3],indinv);
    gotoxy(68,14);write(volume[4,3]:3);
    total := volume[4,1]+volume[4,2]+volume[4,3];
    gotoxy(74,15);write(total:5)
  end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(68,15);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 18;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(buffstr);
    buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
    removebranco(buffstr);
    val(buffstr,volume[4,2],indinv);
    gotoxy(68,15);write(volume[4,2]:3);
    total := volume[4,1]+volume[4,2]+volume[4,3];
    gotoxy(74,15);write(total:5)
  end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(68,16);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 19;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(buffstr);
    buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
    removebranco(buffstr);
    val(buffstr,volume[4,1],indinv);
    gotoxy(68,16);write(volume[4,1]:3);
    total := volume[4,1]+volume[4,2]+volume[4,3];
    gotoxy(74,15);write(total:5)
  end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(64,15);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 20;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    val(chr(buffer),no_faixas[4],indinv)
  end;

```

```

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(62,19);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 21;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(nomevial_0);
    nomevial_0 := concat(chr(buffer),nomevial_0)
  end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(52,20);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 22;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    val(chr(buffer),no_faixas[1],indiv);
  end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(44,21);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 23;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(buffstr);
    buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
    removebranco(buffstr);
    val(buffstr,volume[1,1],indiv);
    gotoxy(44,21);write(volume[1,1]:3);
    total := volume[1,1]+volume[1,2]+volume[1,3];
    gotoxy(49,22);write(total:5)
  end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(50,21);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 24;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    write(chr(buffer));
    readln(buffstr);
    buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
    removebranco(buffstr);
    val(buffstr,volume[1,2],indiv);
    gotoxy(50,21);write(volume[1,2]:3);
    total := volume[1,1]+volume[1,2]+volume[1,3];
    gotoxy(49,22);write(total:5)
  end;

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(56,21);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 25;

```

```

if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
  write(chr(buffer));
  readln(buffstr);
  buffstr := concat(chr(buffer),buffstr);
  removebranco(buffstr);
  val(buffstr,volume[i,3],indiv);
  gotoxy(56,21);write(volume[i,3]:0);
  total := volume[i,1]+volume[i,2]+volume[i,3];
  gotoxy(49,22);write(total:5);
end;

carac := ' ';
while ((not (buffer in tecla_retroc)) and
      (carac <> 'S') and (carac <> 'N')) do
begin
  gotoxy(0,23);write('Confirma? (S/N) [ ]');gotoxy(19,23);
  carac := upcase(readkey);
end
end;
if (campo = 25) then buffer := 0
end;
if (campo = 24) then buffer := 0
end;
if (campo = 23) then buffer := 0
end;
if (campo = 22) then buffer := 0
end;
if (campo = 21) then buffer := 0
end;
if (campo = 20) then buffer := 0
end;
if (campo = 19) then buffer := 0
end;
if (campo = 18) then buffer := 0
end;
if (campo = 17) then buffer := 0
end;
if (campo = 16) then buffer := 0
end;
if (campo = 15) then buffer := 0
end;
if (campo = 14) then buffer := 0
end;
if (campo = 13) then buffer := 0
end;
if (campo = 12) then buffer := 0
end;
if (campo = 11) then buffer := 0
end;
if (campo = 10) then buffer := 0
end;
if (campo = 9) then buffer := 0
end;
if (campo = 8) then buffer := 0

```





```

    gotoxy(45,j + g - 2);write(fh[k,g]:4:2)
end;
j := j + 4
end;

```

( entrada de dados )

```

carac := ' ';
while (carac () 'S') do begin
  gotoxy(9,7);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 1;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then
    recebe_dados_via(7,3);

  while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
    gotoxy(9,11);buffer := ord(readkey);
    if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
    campo := 0;
    if (not(buffer in tecla_edic)) then
      recebe_dados_via(11,4);

  while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
    gotoxy(9,15);buffer := ord(readkey);
    if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
    campo := 3;
    if (not(buffer in tecla_edic)) then
      recebe_dados_via(15,1);

  while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
    gotoxy(9,19);buffer := ord(readkey);
    if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
    campo := 4;
    if (not(buffer in tecla_edic)) then
      recebe_dados_via(19,2);

  carac := ' ';
  while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S') and (carac () 'N')) do
    begin
      gotoxy(2,22);write('Confirm=? (S/N) [ J ]');gotoxy(19,22);
      carac := upcase(readkey);
    end
  end;
  if (campo = 4) then buffer := 0
end;
  if (campo = 3) then buffer := 0
end;
  if (campo = 2) then buffer := 0
end;
end;

```

( formulario dados entrada (4a. parte) )

```

clrscr;

```



```

gotoxy(1,1);
writeln('Formulario de Entrada (Parte 4) : DADOS DE FASEAMENTO');
write('-----');
for i:= 3 to 23 do
begin
  gotoxy(1,i);
  write(' ');
  gotoxy(00,i);
  write(' ');
end;
write('-----');
gotoxy(2,3);
writeln('F A S E A M E N T O | Simbologia do Faseamento:');
write('-----');
gotoxy(3,5);write(' | faixas faixas |');
gotoxy(2,6);write(' D | aprox. sul aprox. oeste | codigo');

gotoxy(2,7);write(' I | [ | | |');
gotoxy(2,8);write(' A | [Esc] finaliza | converg. protegida ..... P');
gotoxy(2,9);write(' G | entrada | converg. permitida ..... B');
gotoxy(2,10);write(' R | | pedestres ..... T');
gotoxy(2,11);write(' A | faixas faixas | nao se aplica ..... ');
gotoxy(2,12);
write(' H | aprox. leste aprox. norte | movimento direto ..... D');
gotoxy(2,13);write(' A | [ | | |');
gotoxy(2,14);write(' | | |');
gotoxy(1,15);
write('-----');
gotoxy(2,16);
writeln(' | G = verde; Y = amarelo ; R = vermelho |');
write(' | TRFPO | |');
gotoxy(2,18);write(' | G = |');
gotoxy(3,17);write(' | Y ; R = |');
gotoxy(1,20);
write('-----');
gotoxy(2,21);write('FIXO OU ATUALIZADO (CF) ou (A) | [ ] | Teclas de Edicao:');
gotoxy(1,22);write('-----');
gotoxy(2,23);
write('Comprimento do ciclo (C): ',ciclo:3,' segundos | ');
chr(17),'-' ,chr(17),'-- --',chr(16),' ',chr(24),' ',chr(25));

```

( entrada de dados )

```

p := cabfase;
carac := ' ';
while (carac <> '0') do begin
  buffer := 0;
  while (buffer <> 27) do begin
    if (p <> nil) then
      begin
        j := 5;
        gotoxy(8,7); ( aprox. sul )
        for i:= 13 to 24 do
          begin

```

```

if ((i < 13) and ((i mod 3) = 1)) then
  begin
    write(' ');
    j := j - 1;
  end;
write(decodifica(p^.diagrama[i],i-j));
end;

j := 11;
gotoxy(26,7);          ( aprox oeste )
for i:= 37 to 48 do
begin
  if ((i < 37) and ((i mod 3) = 1)) then
    begin
      write(' ');
      j := j - 1;
    end;
  write(decodifica(p^.diagrama[i],i-j));
end;

j := 17;
gotoxy(8,13);          ( aprox leste )
for i:= 25 to 36 do
begin
  if ((i < 25) and ((i mod 3) = 1)) then
    begin
      write(' ');
      j := j - 1;
    end;
  write(decodifica(p^.diagrama[i],i-j));
end;

j := 25;
gotoxy(26,13);        ( norte )
for i:= 1 to 12 do
begin
  if ((i < 1) and ((i mod 3) = 1)) then
    begin
      write(' ');
      j := j + 1;
    end;
  write(decodifica(p^.diagrama[i],i+j));
end;
gotoxy(28,18);write(p^.g); gotoxy(28,19);write(p^.gr);
gotoxy(40,21);write(p^.fixat)

end
else
begin
  gotoxy(8,7);write('... ..');
  gotoxy(26,7);write('... ..');
  gotoxy(8,13);write('... ..');
  gotoxy(26,13);write('... ..');
  gotoxy(28,18);write('___');
  gotoxy(28,19);write('___');

```

```

        gotoxy(42,21);write(' ');
    end;
    if (cabfase = nil) then
        recebe_fase_empilha
    else
        begin
            gotoxy(0,7);buffer := ord(readkey);
            if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
            case buffer of
                72,75: if (p = nil) then p := cabfase
                       else p := p^.prox;
                77,80: if (p = nil) then p := cabfase
                       else p := p^.ant;
                13: if (p = nil) then p := cabfase
                    else p := p^.ant
            end;

            if (not(buffer in tecla_edic) and (buffer < 27)) then
                begin
                    if (p < nil) then
                        begin
                            j := 5;
                            p^.diagrama[13] := upcase(chr(buffer));
                            write(decodifica(upcase(chr(buffer)),8));
                            for i:= 14 to 24 do
                                begin
                                    if ((i < 13) and ((i mod 3) = 1)) then j := j - 1;
                                    gotoxy(i-j,7);
                                    p^.diagrama[i] := upcase(readkey);write(decodifica(p^.diagrama[i],i-j))
                                end;

                                j := 11;
                                for i:= 27 to 48 do
                                    begin
                                        if ((i < 27) and ((i mod 3) = 1)) then j := j - 1;
                                        gotoxy(i-j,7);
                                        p^.diagrama[i] := upcase(readkey);write(decodifica(p^.diagrama[i],i-j));
                                    end;

                                    j := 17;
                                    for i:= 25 to 36 do
                                        begin
                                            if ((i < 25) and ((i mod 3) = 1)) then j := j - 1;
                                            gotoxy(i-j,13);
                                            p^.diagrama[i] := upcase(readkey);write(decodifica(p^.diagrama[i],i-j));
                                        end;

                                        j := 25;
                                        for i:= 1 to 12 do
                                            begin
                                                if ((i < 1) and ((i mod 3) = 1)) then j := j + 1;
                                                gotoxy(i+j,13);
                                                p^.diagrama[i] := upcase(readkey);write(decodifica(p^.diagrama[i],i+j));
                                            end;

```





```

fluxo_ajust[card,i] := tx_fl_grupo_faixa[card,i] * fator_util[card,i]
end;

( exibe ajuste volume )

j := 9;
for i:= 1 to 3 do
begin
  gotoxy(43,j);write(tx_fl_grupo_faixa[card,i]:3:0);
  gotoxy(56,j);write(fator_util[card,i]:1:0);
  gotoxy(63,j);write(fluxo_ajust[card,i]:3:0);
  j := j + 6;
end;
j := 9;
for i:= 1 to 4 do
begin
  gotoxy(71,j);write(proporc_conv[card,i]:4:0);
  j := j + 4;
end;
end;

procedure entrada_ajust_vol(card:integer);
begin
  caract := ' ';
  while (caract <> 'S') do begin
    gotoxy(37,9);buffer := ord(readkey);
    if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
    campo := 1;
    if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
      grupo_faixa[card,i] := chr(buffer);
      write(seta(grupo_faixa[card,i],1,card));
      gotoxy(37,10);grupo_faixa[card,2] := upcase(readkey);
      write(seta(grupo_faixa[card,2],2,card));
      gotoxy(50,9);read(num_faixas_grupo[card,1]);
    end;
    calcula_ajust_vol(card);

    while ((not (buffer in tecla_retro)) and (caract <> 'S')) do begin
      gotoxy(37,12);buffer := ord(readkey);
      if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
      campo := 2;
      if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
        grupo_faixa[card,3] := chr(buffer);
        write(seta(grupo_faixa[card,3],3,card));
        j := 9;
        for i:= 4 to 8 do
          begin
            if ((i mod 3) = 0) then j := j + 1;
            gotoxy(37,i+j);
            grupo_faixa[card,i] := upcase(readkey);write(seta(grupo_faixa[card,i],i,card))
          end;
        gotoxy(50,15);read(num_faixas_grupo[card,2]);
      end;
    end;
    calcula_ajust_vol(card);
  end;
end;

```

```

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
  gotoxy(37,20);buffer := ord(readkey);
  if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
  campo := 3;
  if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
    grupo_faixa[card,9] := chr(buffer);
    write(seta(grupo_faixa[card,9],9,card));
    gotoxy(37,21);grupo_faixa[card,10] := upcase(readkey);
    write(seta(grupo_faixa[card,10],10,card));
    gotoxy(50,21);read(num_faixas_grupo[card,3]);
  end;

  calcula_ajust_vol(card);

  carac := ' ';
  while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S') and (carac () 'H')) do
  begin
    gotoxy(2,23);write('Confirma? (S/N) [ ]');gotoxy(19,23);
    carac := upcase(readkey);
  end;
end;
if (campo = 3) then buffer := 0;
end;
if (campo = 2) then buffer := 0;
end;
end;

procedure entrada_ajust_H_S(card:integer);
begin
  carac := ' ';
  while (carac () 'S') do begin
    gotoxy(36,9);buffer := ord(readkey);
    if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
    campo := 1;
    if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
      grupo_faixa[card,1] := chr(buffer);
      write(seta(grupo_faixa[card,1],1,card));
      gotoxy(38,9);grupo_faixa[card,2] := upcase(readkey);
      write(seta(grupo_faixa[card,2],2,card));
      gotoxy(50,9);read(num_faixas_grupo[card,1]);
    end;
    calcula_ajust_vol(card);

    while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
      gotoxy(34,15);buffer := ord(readkey);
      if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
      campo := 2;
      if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
        grupo_faixa[card,3] := chr(buffer);
        write(seta(grupo_faixa[card,3],3,card));
        j := 3;
        for i:= 4 to 8 do
          begin

```

```

    if ((i mod 3) = 0) then j := j + 1;
    gotoxy(i,j,15);
    grupo_faixa[card,i] := upcase(readkey);write(seta(grupo_faixa[card,i],i,card));
end;
gotoxy(50,15);read(num_faixas_grupo[card,2]);
end;
calcula_ajust_vol(card);

while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S')) do begin
    gotoxy(36,21);buffer := ord(readkey);
    if (buffer = 0) then buffer := ord(readkey);
    campo := 3;
    if (not(buffer in tecla_edic)) then begin
        grupo_faixa[card,9] := chr(buffer);
        write(seta(grupo_faixa[card,9],9,card));
        gotoxy(30,21);grupo_faixa[card,10] := upcase(readkey);
        write(seta(grupo_faixa[card,10],10,card));
        gotoxy(50,21);read(num_faixas_grupo[card,3]);
    end;

    calcula_ajust_vol(card);

    carac := ' ';
    while ((not (buffer in tecla_retroc)) and (carac () 'S') and (carac () 'N')) do
        begin
            gotoxy(2,23);write('Confirma? (S/N) [ ]');gotoxy(19,23);
            carac := upcase(readkey);
        end
    end;
    if (campo = 3) then buffer := 0
end;
if (campo = 2) then buffer := 0
end;
end;

procedure exhibe_grupo_faixa_L_0(card:integer);
begin
    gotoxy(37,9);write(seta(grupo_faixa[card,1],1,card));
    gotoxy(37,10);write(seta(grupo_faixa[card,2],2,card));
    j := 3;
    for i := 10 to 18 do
        begin
            if ((i mod 5) = 0) then
                begin
                    gotoxy(37,i);
                    write(seta(grupo_faixa[card,j],j,card));
                    j := j + 1;
                end
            end;
        gotoxy(37,20);write(seta(grupo_faixa[card,9],9,card));
        gotoxy(37,21);write(seta(grupo_faixa[card,10],10,card));
    end;
end;

procedure exhibe_grupo_faixa_N_0(card:integer);

```



```

begin
  gotoxy(36,9);write(seta(grupo_faixa[card],1,1,card));
  gotoxy(38,9);write(seta(grupo_faixa[card],2,2,card));
  j := 0;
  for i := 34 to 48 do
  begin
    if (i < 37) then
    begin
      gotoxy(i,15);
      write(seta(grupo_faixa[card],j,j,card));
      j := j + 1
    end
  end;
  gotoxy(36,21);write(seta(grupo_faixa[card],9,9,card));
  gotoxy(38,21);write(seta(grupo_faixa[card],10,10,card))
end;

```

( modulo de ajustamento de volume )

```

procedura ajustamento_volume;
var m, card, poscard: integer;
begin

```

( formula de ajustamento de volume )

```

  poscard := 1;
  for m := 6 to 9 do
  begin
    card := (m mod 4) + 1;
    imp_cab(copy(cardeais, poscard, 5));
    j := 1;
    for i := poscard to poscard + 4 do
    begin
      gotoxy(4, j); write(copy(cardeais, i, 1));
      j := j + 2
    end;

    j := 9;
    for i := 1 to 3 do
    begin
      gotoxy(16, j); write(volume[card, i]:3);
      gotoxy(23, j); write(flup[card, i]:4:2);
      gotoxy(29, j);
      if (flup[card, i] <> 0) then begin
        taxa_fluxo[card, i] := round(volume[card, i]/flup[card, i]);
        write(taxa_fluxo[card, i]:3)
      end;
      gotoxy(50, j); write(num_faixas_grupo[card, i]:1);
      j := j + 6
    end;

    case card of
      1, 2 : exibe_grupo_faixa_N_S(card);
      3, 4 : exibe_grupo_faixa_L_0(card)
    end
  end
end;

```

```

end;
calcula_ajust_vol(card);

( entrada de dados )

case card of
  1,2 : entrada_ajust_H_S(card);
  3,4 : entrada_ajust_L_0(card)
end;

postcard := postcard + 5
end

end;

begin
end.
(XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX)
*
* Sistema: Analisador de Cruzamentos Semaforizados *
*
* Modulo: AJUSTSAT.PAS *
*
* Funcao: Edicao do formulario de *
*          ajustamento do fluxo de saturacao *
*
* Em: 1990/91 *
*
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX)

unit ajustsat;
interface
uses crt, entrada, ajustvol, suplementar;
type
  vetor10real = array[1..10] of real;

var
  Leste_flux, Oeste_flux, Norte_flux, Sul_flux :array [1..3,1..7] of real;
  Tab_Asigna :array [1..8] of real;
  Tab_Vel_Pes,
  Supl_Leste,
  Supl_Oeste,
  Supl_Norte,
  Supl_Sul :vetor10real;
  Tab_Begida :array [1..7] of real;
  Tab_Manobras, Tab_Bus :array [1..3,1..5] of real;
  Tab_Area :array [1..2] of real;
  w, caso, card, linka :integer;
  V1, V2, U3, U4 :real;
  matriz :char;

function poten(base:real;expo:real):real;

```

```

function conv_ajust_lete(carac:char; pos:integer) : char;
function Fator_Largura (Largura:real) :real;
function Fator_Vei_Pes (percentual:real) :real;
function Fator_Greide (nivel:real) :real;
function Fator_Manobras (manobras :real; faixas :integer) :real;
function Fator_Bus (onibus :real; faixas :integer) : real;
procedure telon (L1,L2 :integer);
procedure telon1 (L1,L2 :integer);
procedure telon2;
procedure telon3;
procedure telon4(var g,L:integer);
procedure teloff;
procedure Dados_lete(var Supl_lete:vetori@real);
procedure Dados_oste(var Supl_oste:vetori@real);
procedure Dados_norte(var Supl_Norte:vetori@real);
procedure Dados_sul(var Supl_Sul:vetori@real);
function Calculos_suplementares (dados :vetori@real;card:integer) :real;
function Fator_Conv_Esq (caso :integer ; pedestres,pc :real ; Vo :real ; matriz :char) :real;
function Fator_Conv_Dir (caso :integer ; pedestres,pc :real) :real;
procedure imp_cab_sat(cardeal:string);
procedure exhibe_grupo_faixa_sat_LO(card:integer);
procedure exhibe_grupo_faixa_sat_NS(card:integer);
procedure exhibe_calc_aprox_lete;
procedure exhibe_calc_aprox_oste;
procedure exhibe_calc_aprox_norte;
procedure exhibe_calc_aprox_sul;
procedure ajust_fluxo_saturacao;

```

#### implementation

```

var g,l:integer;
    conv_esq : boolean;

function poten(base:real;expo:real):real;
begin
    if ((base > 0) and (expo > 0)) then
        poten := exp(expo * ln(base))
    else
        poten := 0;
    end;

procedure telon (L1,L2 :integer);
begin
    window(62,L1,66,L2);
    clrscr;
    write('Caso');
    write(' 1  ');
    gotoxy(2,2);
end;

procedure telon1 (L1,L2 :integer);
begin
    window(69,L1,72,L2);
    clrscr;
    write('Caso');

```

```

write('E J');
gotoxy(7,2);
end;

```

```

procedure telon2;
begin
  window(69,12,72,13);
  clrscr;
  write(' g: ');
  write('.. ');
  gotoxy(1,2);
end;

```

```

procedure telon3;
begin
  window(69,12,72,14);
  clrscr;
  write('fu? ');
  write('000 ');
  write('1 2');
  gotoxy(2,3);
end;

```

```

procedure telon4(var g,L:integer);
begin
  window(49,12,54,17);
  clrscr;
  write(' g: ');
  gotoxy(4,2);write('.. ');
  gotoxy(4,2);
  readln(g);
  writeln;
  write(' L: ');
  gotoxy(4,5);write('_ ');
  gotoxy(4,5);
  readln(L);
end;

```

```

procedure teloff;
begin
  clrscr;
  window(1,1,80,25);
end;

```

```

function conv_ajust_lesse(carac:char; pos:integer) :char;
var conv_esq : set of 0..10;
    conv_dir : set of 0..10;
begin
  conv_esq := {1,2,3,6};
  conv_dir := {5,8,9,10};
  conv_ajust_lesse := '.';
  case (upcase(carac)) of
    'P': if (pos in conv_esq) then conv_ajust_lesse := chr(30)
         else conv_ajust_lesse := chr(31);

```

```

'W': if (pes in conv_esq) then conv_ajust_lesde := 'A'
      else conv_ajust_lesde := 'V';
'T': conv_ajust_lesde := 'I';
'.': conv_ajust_lesde := '.';
'D': conv_ajust_lesde := chr(16)
end
end;

function Fator_Largura (largura:real) :real;
var
  pes :integer;

begin
  pes:= trunc(Largura/0.305);
  if pes < 9 then Fator_Largura:= Tab_Largura[1]
  else if pes < 10 then Fator_Largura:= Tab_Largura[2]
    else if pes < 11 then Fator_Largura:= Tab_Largura[3]
      else if pes < 12 then Fator_Largura:= Tab_Largura[4]
        else if pes < 13 then Fator_Largura:= Tab_Largura[5]
          else if pes < 14 then Fator_Largura:= Tab_Largura[6]
            else if pes < 15 then Fator_Largura:= Tab_Largura[7]
              else if pes < 16 then Fator_Largura:= Tab_Largura[8]
                else Fator_Largura:= 2;
end;

function Fator_Vei_Pes (percentual:real) :real;

begin
  if percentual = 0 then Fator_Vei_Pes:= Tab_Vei_Pes[1]
  else if percentual (= 2 then Fator_Vei_Pes:= Tab_Vei_Pes[2]
    else if percentual (= 4 then Fator_Vei_Pes:= Tab_Vei_Pes[3]
      else if percentual (= 6 then Fator_Vei_Pes:= Tab_Vei_Pes[4]
        else if percentual (= 8 then Fator_Vei_Pes:= Tab_Vei_Pes[5]
          else if percentual (= 10 then Fator_Vei_Pes:= Tab_Vei_Pes[6]
            else if percentual (= 15 then Fator_Vei_Pes:= Tab_Vei_Pes[7]
              else if percentual (= 20 then Fator_Vei_Pes:= Tab_Vei_Pes[8]
                else if percentual (= 25 then Fator_Vei_Pes:= Tab_Vei_Pes[9]
                  else Fator_Vei_Pes:= Tab_Vei_Pes[10];
end;

function Fator_Greide (nivel:real) :real;

begin
  if nivel < 4 then Fator_Greide:= Tab_Greide[1]
  else if nivel < 2 then Fator_Greide:= Tab_Greide[2]
    else if nivel = -2 then Fator_Greide:= Tab_Greide[3]
      else if nivel = 0 then Fator_Greide:= Tab_Greide[4]
        else if nivel > 4 then Fator_Greide:= Tab_Greide[7]
          else if nivel > 2 then Fator_Greide:= Tab_Greide[6]
            else if nivel = 2 then Fator_Greide:= Tab_Greide[5];
end;

function Fator_Manobras (manobras :real; faixas :integer) :real;

```

```

begin
  if manobras = 0 then
    case faixas of
      1: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[1,1];
      2: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[2,1];
      3: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[3,1];
    end
  else if manobras <= 10 then
    case faixas of
      1: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[1,2];
      2: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[2,2];
      3: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[3,2];
    end
  else if manobras <= 20 then
    case faixas of
      1: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[1,3];
      2: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[2,3];
      3: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[3,3];
    end
  else if manobras <= 30 then
    case faixas of
      1: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[1,4];
      2: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[2,4];
      3: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[3,4];
    end
  else
    case faixas of
      1: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[1,5];
      2: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[2,5];
      3: Fator_Manobras:= Tab_Manobras[3,5];
    end ;
  end ;
end;

```

```

function Fator_Bus (onibus :real; faixas :integer) : real;
var TL,gc,cp : real;

```

```

begin
  if onibus = 0 then
    case faixas of
      1: Fator_Bus:= Tab_Bus[1,1];
      2: Fator_Bus:= Tab_Bus[2,1];
      3: Fator_Bus:= Tab_Bus[3,1];
    end
  else if onibus <= 10 then
    case faixas of
      1: Fator_Bus:= Tab_Bus[1,2];
      2: Fator_Bus:= Tab_Bus[2,2];
      3: Fator_Bus:= Tab_Bus[3,2];
    end
  else if onibus <= 20 then
    case faixas of

```

```

1: Fator_Bus:= Tab_Bus[1,3];
2: Fator_Bus:= Tab_Bus[2,3];
3: Fator_Bus:= Tab_Bus[3,3];
end
else if onibus (= 00) then
  case faixas of
    1: Fator_Bus:= Tab_Bus[1,4];
    2: Fator_Bus:= Tab_Bus[2,4];
    3: Fator_Bus:= Tab_Bus[3,4];
  end
else
  if onibus (= 40) then
    case faixas of
      1: Fator_Bus:= Tab_Bus[1,5];
      2: Fator_Bus:= Tab_Bus[2,5];
      3: Fator_Bus:= Tab_Bus[3,5];
    end
  else
    begin
      telon4(g,l);
      teloff;
      TL := g/ciclo + onibus * (15 + 1)/ciclo;
      gc := g/ciclo * 3600;
      cp := TL / gc;
      Fator_Bus := 1 - cp
    end
  end;
end;

procedure Dados_text (var Supl_text:vector10real);
var resp :char;
begin
  Supl_text[1]:= ciclo; (c)
  telon3;
  readln(Supl_text[2]); (g)
  teloff;
  if (com_esq) then
    begin
      Supl_text[3]:= Num_faixas_grupo[3,1]; (N)
      Supl_text[7]:= proporcao[3,1]
    end
  else
    begin
      Supl_text[3]:= Num_faixas_grupo[3,2];
      if (grupo_faixa[3,1] = '.') and (grupo_faixa[3,2] = '.') then
        Supl_text[7]:= proporcao[3,2] (Pce)
      else
        Supl_text[7]:= proporcao[3,1]
      end;
    end;
  Supl_text[11]:= tx_fl_grupo_faixa[3,1] +
    tx_fl_grupo_faixa[3,2] +
    tx_fl_grupo_faixa[3,3]; (Vg)
  Supl_text[4]:= taxa_fluxo[3,1]; (Vce)
  repeat

```

```

telon2;
resp:= upcase(readkey);
until ((resp = '0') or (resp = 'N'));
teloff;
if ((resp = '0') or
    ((grupo_faixa[4,1] () '.') or (grupo_faixa[4,2] () '.'))) then
  Supl_Leste[9]:= tx_fl_grupo_faixa[4,1] +
                 tx_fl_grupo_faixa[4,2] +
                 tx_fl_grupo_faixa[4,3] +
                 taxa_fluxo[4,1]           (V6)
else
  Supl_Leste[9]:= tx_fl_grupo_faixa[4,1] +
                 tx_fl_grupo_faixa[4,2] +
                 tx_fl_grupo_faixa[4,3];

if ((resp = 'S') or
    ((grupo_faixa[3,1] () '.') or
    (grupo_faixa[3,2] () '.'))) then
  Supl_Leste[5]:= Supl_Leste[4] - Supl_Leste[6] (Vp)
else
  Supl_Leste[5]:= Supl_Leste[4];

Supl_Leste[8]:= Num_faixas_grupo[4,2] +
                Num_faixas_grupo[4,3];           (N6)
Supl_Leste[10]:= proporc_conv[4,2];              (P6a)
end;

```

```

procedure fadns_Deste(var Supl_Deste:valor10real);
var resp :char;
begin
  Supl_Deste[1]:= ciclo;           (c)
  telon2;
  resp:= upcase(readkey);         (g)
  teloff;
  if (conv_esq) then
    begin
      Supl_Deste[2]:= Num_faixas_grupo[4,1];   (N)
      Supl_Deste[7]:= proporc_conv[4,1]
    end
  else
    begin
      Supl_Deste[3]:= Num_faixas_grupo[4,2];
      if (grupo_faixa[4,1] = '.') and (grupo_faixa[4,2] = '.') then
        Supl_Deste[7]:= proporc_conv[4,2]      (Pce)
      else
        Supl_Deste[7]:= proporc_conv[4,1]
    end;

  Supl_Deste[4]:= tx_fl_grupo_faixa[4,1] +
                 tx_fl_grupo_faixa[4,2] +
                 tx_fl_grupo_faixa[4,3];      (Vg)
  Supl_Deste[6]:= taxa_fluxo[4,1];           (Vce)
  repeat

```



```

telon3;
resp:= upcase(readkey);
until ((resp = 'S') or (resp = 'N'));
t:=off;
if ((resp = 'S') or
    ((grupo_faixa[3,1] (> '.') or (grupo_faixa[3,2] (> '.'))) then
    Supl_Oeste[7]:= tx_fl_grupo_faixa[3,1] +
                    tx_fl_grupo_faixa[3,2] +
                    tx_fl_grupo_faixa[3,3] -
                    taxa_fluxo[3,1]          (Vo)
else
    Supl_Oeste[9]:= tx_fl_grupo_faixa[3,1] +
                    tx_fl_grupo_faixa[3,2] +
                    tx_fl_grupo_faixa[3,3];

if ((resp = 'S') or
    ((grupo_faixa[4,1] (> '.') or (grupo_faixa[4,2] (> '.'))) then
    Supl_Oeste[5]:= Supl_Oeste[4] - Supl_Oeste[6] (Vp)
else
    Supl_Oeste[5]:= Supl_Oeste[4];

Supl_Oeste[8]:= Num_faixas_grupo[3,2] +
                 Num_faixas_grupo[3,3];          (No)
Supl_Oeste[10]:= proporc_conv[3,2];              (Pce)
end;

```

```

procedura Dados_Norte(var Supl_Norte:vector(0:real));
var resp :char;
begin
    Supl_Norte[1]:= x1[0];          (c)
    t:=off;
    readln(Supl_Norte[2]);          (g)
    t:=off;
    if (conv_esq) then
        begin
            Supl_Norte[3]:=Num_faixas_grupo[1,1];          (H)
            Supl_Norte[7]:= proporc_conv[1,1]
        end
    else
        begin
            Supl_Norte[3]:=Num_faixas_grupo[1,2];
            if (grupo_faixa[1,1] = '.') and (grupo_faixa[1,2] = '.') then
                Supl_Norte[7]:= proporc_conv[1,2]          (Pce)
            else
                Supl_Norte[7]:= proporc_conv[1,1]
            end
        end

    Supl_Norte[4]:= tx_fl_grupo_faixa[1,1] +
                    tx_fl_grupo_faixa[1,2] +
                    tx_fl_grupo_faixa[1,3] -
                    taxa_fluxo[1,1]          (Vg)
    Supl_Norte[5]:= Supl_Norte[4] - Supl_Norte[6]
end;

```

```

    if ((grupo_faixa[1,1] = '.') or (grupo_faixa[2,2] = '.')) then
        Supl_Norte[6] := tx_fl_grupo_faixa[2,2] +
            tx_fl_grupo_faixa[2,3] -
            taxa_fluxo[2,1]          (Vo)
    else
        Supl_Norte[9] := tx_fl_grupo_faixa[2,1] +
            tx_fl_grupo_faixa[2,2] +
            tx_fl_grupo_faixa[2,3];

    if ((resp = 'S') or
        ((grupo_faixa[1,1] = '.') or (grupo_faixa[1,2] = '.'))) then
        Supl_Norte[5] := Supl_Norte[4] - Supl_Norte[6]   (Vp)
    else
        Supl_Norte[5] := Supl_Norte[4];

    Supl_Norte[8] := Num_faixas_grupo[2,2] +
        Num_faixas_grupo[2,3];          (No)
    Supl_Norte[10] := proporc_conv[2,2]; (Pce)
end;

procedure Bados_Sul(var Supl_Sul:vetor10real);
var resp :char;
begin
    Supl_Sul[1] := ciclo;                (c)
    telon2;
    readln(Supl_Sul[2]);                 (q)
    teloff;
    if (conv_esc) then
        begin
            Supl_Sul[3] := Num_faixas_grupo[2,1];      (N)
            Supl_Sul[7] := proporc_conv[2,1];
        end
    else
        begin
            Supl_Sul[3] := Num_faixas_grupo[2,2];
            if (grupo_faixa[2,1] = '.') and (grupo_faixa[2,2] = '.') then
                Supl_Sul[7] := proporc_conv[2,2];      (Pce)
            else
                Supl_Sul[7] := proporc_conv[2,1];
        end;

    Supl_Sul[4] := tx_fl_grupo_faixa[2,1] +
        tx_fl_grupo_faixa[2,2] +
        tx_fl_grupo_faixa[2,3];          (Vg)
    Supl_Sul[6] := taxa_fluxo[2,1];      (Vce)
    repeat
        telon3;
        resp := upcase(readkey);
    until ((resp = 'S') or (resp = 'N'));

```

```

'1': begin
    Dados_Leste(Supl_Leste);
    Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Leste,3);
end;
'0': begin
    Dados_Oeste(Supl_Oeste);
    Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Oeste,4);
end;
'N': begin
    Dados_Norte(Supl_Norte);
    Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Norte,1);
end;
'S': begin
    Dados_Sul(Supl_Sul);
    Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Sul,2);
end;
end;

end;

3: Fator_Conv_Esq:= 0.95;

4: Fator_Conv_Esq:= 1/(1 + 0.05 * pc);

5: begin
    case matriz of
        '1': begin
            Dados_Leste(Supl_Leste);
            Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Leste,3);
        end;
        '0': begin
            Dados_Oeste(Supl_Oeste);
            Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Oeste,4);
        end;
        'N': begin
            Dados_Norte(Supl_Norte);
            Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Norte,1);
        end;
        'S': begin
            Dados_Sul(Supl_Sul);
            Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Sul,2);
        end;
    end;

end;

6: begin
    if Vo < 1020 then
        Fator_Conv_Esq:= (1400 - Vo)/((1400 - Vo) + (235 + 0.435 * Vo) * pc)
    else Fator_Conv_Esq:= 1/(1 + 4.520 * pc);
    end;

7: begin
    case matriz of

```

```

    'L': begin
        Dados_Leste(Supl_Leste);
        Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Leste,3);
    end;
    'O': begin
        Dados_Deste(Supl_Deste);
        Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Deste,4);
    end;
    'M': begin
        Dados_Norte(Supl_Norte);
        Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Norte,1);
    end;
    'S': begin
        Dados_Sul(Supl_Sul);
        Fator_Conv_Esq:= Calculos_suplementares (Supl_Sul,2);
    end;
end;

end;

C: Fator_Conv_Esq:= 0.92;

end;
end;

```

```

function Fator_Conv_Dir (caso :integer ; pedestres,pc :real) :real;
var fator: real;
begin
    case caso of
        1: Fator := 0.85;
        2: if pedestres <= 1700 then
            Fator := 0.85 - (pedestres/2.1)
        else
            Fator := 0.05 * pedestres;
        3: begin
            Fator := 0.85 - (1 - pc * (pedestres/2100));
            if (Fator < 0.05) then
                Fator:= 0.05 ;
            end;
        4: Fator:= 1 - 0.15 * pc;
        5: begin
            Fator:= 1 - pc * (0.15 + (pedestres/2100));
            if (Fator < 0.05) then
                Fator:= 0.05;
            end;
        6: begin
            Fator:= 1 - pc * (0.15 + (pedestres/2100) * (1 - pc));

```



```

gotoxy(9,19); write(seta(grupo_faixa[card],8,8,card));
gotoxy(9,20); write(seta(grupo_faixa[card],9,9,card));
gotoxy(9,21); write(seta(grupo_faixa[card],10,10,card));
end;

procedure exhibe_grupo_faixa_sat_NS(card:integer);
begin
  gotoxy(8,9); write(seta(grupo_faixa[card],1,1,card));
  gotoxy(10,9); write(seta(grupo_faixa[card],2,2,card));
  gotoxy(6,15); write(seta(grupo_faixa[card],3,3,card));
  gotoxy(7,15); write(seta(grupo_faixa[card],4,4,card));
  gotoxy(8,15); write(seta(grupo_faixa[card],5,5,card));
  gotoxy(10,15); write(seta(grupo_faixa[card],6,6,card));
  gotoxy(11,15); write(seta(grupo_faixa[card],7,7,card));
  gotoxy(12,15); write(seta(grupo_faixa[card],8,8,card));
  gotoxy(9,21); write(seta(grupo_faixa[card],9,9,card));
  gotoxy(10,21); write(seta(grupo_faixa[card],10,10,card));
end;

procedure exhibe_calc_aprox_leste;
begin
  exhibe_grupo_faixa_sat_LO(3);
  ca := ' ';
  while (ca < 'S') do
    begin
      ( convergencia a esquerda )

      conv_esq := true;

      if (grupo_faixa[3,1] < '.') or (grupo_faixa[3,2] < '.') then
        begin
          Leste_flux[1,1] := Fator_Largura (Larg_faixa[3,1]);

          if Leste_flux[1,1] = 2 then
            begin
              gotoxy(25,9); write('use');
              gotoxy(25,10); write('2.4x');
            end
          else
            begin
              gotoxy(26,10); write( Leste_flux[1,1]:4:2);
            end;

          Leste_flux[1,2] := Fator_Vei_Pes(veic_pesado[3,1]);

          gotoxy(32,10); write(Leste_flux[1,2]:4:2);

          Leste_flux[1,3] := Fator_Greide( greide[3]);

          gotoxy(38,10); write(Leste_flux[1,3]:4:2);

          Leste_flux[1,4] := Fator_Manobras( no_manobras[3,2], Num_faixas_grupo[3,1]);

```

```

gotoxy(44,10); write(Leste_flux[1,4]:4:0);

Leste_flux[1,5]:= Fator_Beneficios[0,1],Num_faixas_grupo[0,1];

gotoxy(50,10); write(Leste_flux[1,5]:4:0);

if tipo_area = '1' then Leste_flux[1,6]:= Tab_Area[1]
else Leste_flux[1,6]:= Tab_Area[2];

gotoxy(57,10); write(Leste_flux[1,6]:4:0);

Leste_flux[1,7]:= 1.00;

V3:= taxa_fluxo[4,0] + taxa_fluxo[4,3];

telon(10,10);
readln('asa');
teloff;

Leste_flux[1,8]:= Fator_Conv_Esq(caso,pedestres[0],proporc_conv[0,1],V3,matriz);

gotoxy(69,10); write(Leste_flux[1,8]:4:0);

Leste_flux[1,9] := Leste_flux[1,1];
for i:= 2 to 8 do
  Leste_flux[1,9]:= Leste_flux[1,9] * Leste_flux[1,i];
Leste_flux[1,9]:= Leste_flux[1,9] * 1000 * Num_faixas_grupo[0,1];

gotoxy(75,10); write(Leste_flux[1,9]:4:0);

end;

( movimento direto )

conv_esq := false;

if (grupo_faixa[0,0] () '.') or (grupo_faixa[3,4] () '.') or
(grupo_faixa[0,5] () '.') or (grupo_faixa[3,6] () '.') or
(grupo_faixa[0,7] () '.') or (grupo_faixa[3,8] () '.') then
begin
  Leste_flux[2,1]:= Fator_Largura (Larg_faixa[3,2]);

  if Leste_flux[2,1] = 2 then
  begin
    gotoxy(25,14);writeln('asa');
    gotoxy(25,15);write('2 fx')
  end
else
  begin
    gotoxy(26,15); write( Leste_flux[2,1]:4:0)
  end;
Leste_flux[2,2]:= Fator_Vel_Fe(caso,ped[0,0]);

gotoxy(32,15); write(Leste_flux[2,2]:4:2);

```

```

Leste_flux[2,3]:= Fator_Breide( gvide[3]);
gotoxy(38,15); write(Leste_flux[2,3]:4:7);

Leste_flux[2,4]:= Fator_Manobra(este_manobra[3,2],Nom_faixas_grupo[3,2]);
gotoxy(44,15); write(Leste_flux[2,4]:4:8);

Leste_flux[2,5]:= Fator_Bus(onibus[3,2],Nom_faixas_grupo[3,2]);
gotoxy(50,15); write(Leste_flux[2,5]:4:8);

if (tipo_area = '1') then Leste_flux[2,6]:= Tab_Area[1]
else Leste_flux[2,6]:= Tab_Area[2];

gotoxy(57,15); write(Leste_flux[2,6]:4:8);

if (Leste_flux[2,3]=0) then
begin
  gotoxy(14,15);
  readln(caso);
  teloff;
  Leste_flux[2,7]:= Fator_Conv_Birc(caso,pedestres[3],proporc_conv[3,3]);

  gotoxy(63,15); write(Leste_flux[2,7]:4:8);

  end
else Leste_flux[2,7]:=1.00;

gotoxy(70,15); write(Leste_flux[2,7]:4:8);

if (Nom_faixas_grupo[3,2] = 1) or (Leste_flux[1,3] = 0) then
  U3:= taxa_flux[4,3] + taxa_flux[4,3]
else U3:= tx_fl_grupo_faixa[4,2];

if (Leste_flux[1,3]=0) then
begin
  gotoxy(14,15);
  readln(caso);
  teloff;

  Leste_flux[2,8]:= Fator_Bus_Esq(caso,pedestres[3],proporc_conv[3,2],U3,matrix);

  gotoxy(69,15); write(Leste_flux[2,8]:4:8);
  end
else Leste_flux[2,8]:=1.00;

gotoxy(76,15); write(Leste_flux[2,8]:4:8);

Leste_flux[2,9] := Leste_flux[2,1];
for i:= 2 to 8 do
  Leste_flux[2,9]:= Leste_flux[2,9] * Leste_flux[2,i];

```



```

    Deste_flux[0,0] := Este_flux[0,0] * Este_flux[0,1];
    Deste_flux[0,1] := Este_flux[0,1] * 1000 * Num_faixas_grupo[0,1];

    gotoxy(75,21); write(Deste_flux[0,1]:4:0);
end;

carac := ' ';
while ((carac < '0') and (carac < '9')) do
begin
    gotoxy(1,23); write('Definir o (S/N) e (1)'); gotoxy(10,23);
    carac := upcase(readkey);
end;
end;

matriz:= '0'
end;

procedura = exibe_calculo_grupo;
begin
    exibe_grupo_faixa_4[1,0];
    carac := ' ';
    while (carac < '0') do
    begin
        if convergenca = esquerda then
            read_key := ' ';

        if (grupo_faixa[4,1] < '.') or (grupo_faixa[4,2] < '.') then
            write(' ');

            Deste_flux[1,1] := fator_Largura (Larg[1,1] * 4,1);

            if Deste_flux[1,1] = 2 then
                begin
                    gotoxy(55,2); write('use');
                    gotoxy(75,10); write('2 x');
                end;
            else
                begin
                    gotoxy(26,10); write(Deste_flux[1,1]:1:0);
                end;
            Deste_flux[1,2] := fator_Vel_Positivo_pos[4,1];

            gotoxy(32,10); write(Deste_flux[1,2]:4:0);

            Deste_flux[1,3] := fator_Grude (grude[4]);

            gotoxy(38,10); write(Deste_flux[1,3]:4:2);

            Deste_flux[1,4] := fator_Manobras (no_manobras[4,2], Num_faixas_grupo[4,1]);

            gotoxy(44,10); write(Deste_flux[1,4]:4:2);

```

```

Leste_flux[2,93]= Leste_Flu[2,93] * 1000 * Num_faixas_grupo[3,2];
gotoxy(75,45); write(Leste_flux[2,93]:4:0);
end;

( convergencia a direita )

if (grupo_faixa[3,9] < ' ') or (grupo_faixa[3,10] < ' ') then
begin
Leste_flux[3,10]= Fator_Largura (Larg_faixa[3,3]);

if Leste_Flu[3,17] = 0 then
begin
gotoxy(25,24);write('aa');
gotoxy(25,24);write('2 bc');
end
else
begin
gotoxy(27,24); write( Leste_flux[3,10]:4:0);
end;

Leste_flux[3,21]= Fator_Vel_Festivos_grupo[3,3];

gotoxy(32,21); write(Leste_flux[3,21]:4:0);

Leste_flux[3,33]= Fator_Größe_grupo[3,3];

gotoxy(39,21); write(Leste_flux[3,33]:4:0);

Leste_Flu[3,43]= Fator_Manobr = (no_manobras[3,2],Num_faixas_grupo[3,3]);

gotoxy(44,21); write(Leste_Flu[3,43]:4:0);

Leste_Flu[3,53]= Fator_Bus(onibus[3,3],Num_faixas_grupo[3,3]);
gotoxy(50,21);write(Leste_Flu[3,53]:4:0); restaura janela ?

gotoxy(54,21); write(Leste_Flu[3,53]:4:0);

if tign_area = '1' then Leste_Flu[3,63]= Tab_Area[1]
else Leste_Flu[3,63]= Tab_Area[2];

gotoxy(59,21); write(Leste_Flu[3,63]:4:0);

talon(20,21);
readln(caso);
talonff;

Leste_flux[3,73]= Fator_Conv_Div (caxo,pedulres[3],proporc_conv[3,4]);

gotoxy(64,21); write(Leste_flux[3,73]:4:0);

Leste_Flu[3,83]= 1.00;

Leste_Flu[3,93]= Leste_Flu[3,10];

```

```

Oeste_flux[1,5]:= Fator_Bus(onibus[4,1],Num_faixas_grupo[4,1]);

gotoxy(47,10); write(Oeste_flux[1,5]:4:1);

if (grupo_faixa[4,5] = '1') then Oeste_flux[1,6]:= Tab_Area[1]
else Oeste_flux[1,6]:= Tab_Area[2];

gotoxy(57,10); write(Oeste_flux[1,6]:4:2);

Oeste_flux[1,7]:= 1;

Q:= taxa_flux[3,2] + taxa_flux[3,3];

writeln(9,10);
readln(cheo);
tloff;

Oeste_flux[1,8]:= Fator_Conv_Cso(caso,pedestre[4],proporc_conv[1,1],0,actriz);

gotoxy(69,10); write(Oeste_flux[1,8]:4:2);

Oeste_flux[1,9] := Oeste_flux[1,1];
for i:= 2 to 8 do
  Oeste_flux[1,9]:= Oeste_flux[1,9] * Oeste_flux[1,i];
Oeste_flux[1,9]:= Oeste_flux[1,9] * 1000 * Num_faixas_grupo[4,1];

gotoxy(75,10); write(Oeste_flux[1,9]:4:0);

end;

( movimento direto )

conv_conv := false;

if (grupo_faixa[4,5] = '1') or (grupo_faixa[4,6] = '1') or
   (grupo_faixa[4,7] = '1') or (grupo_faixa[4,8] = '1') or
   (grupo_faixa[4,9] = '1') then
  begin
    Oeste_flux[2,1]:= Fator_Largura (Larg_faixa[4,2]);

    if Oeste_flux[2,1] = 0 then
      begin
        gotoxy(21,10);write('nao');
        gotoxy(25,10);write('0.0%');
      end
    else
      begin
        gotoxy(26,10); write(Oeste_flux[2,1]:4:0);
      end;
    Oeste_flux[2,2]:= Fator_Bol_Perfora_entrada[4,2];

    gotoxy(32,10); write(Oeste_flux[2,2]:4:2);

    Oeste_flux[2,3]:= Fator_Bol_perfora_saida[4,3];

```



```

end;

( convergencia a direita )

if (grupo_faixa(4,91) < '.') or (grupo_faixa(4,101) < '.') then
begin
  Oeste_flux(3,11) := Fator_Janquea (fluxo_faixa(4,91));

  if (Oeste_flux(3,11) = 0) then
  begin
    gotoxy(25,20);write('use');
    gotoxy(25,21);write('2 fx');
  end
  else
  begin
    gotoxy(26,21); write(Oeste_flux(3,11):4:2);
  end;

  Oeste_flux(3,21) := Fator_Vel_Fer(velo_pedestre(4,31));
  gotoxy(32,21); write(Oeste_flux(3,21):4:2);

  Oeste_flux(3,31) := Fator_Greides( greides(4));
  gotoxy(38,21); write(Oeste_flux(3,31):4:2);

  Oeste_flux(3,41) := Fator_Manchas(no_manchas(4,23),num_faixas_grupo(4,31));
  gotoxy(44,21); write(Oeste_flux(3,41):4:2);

  Oeste_flux(3,51) := Fator_Bonfim(nov(4,33),num_faixas_grupo(4,31));
  gotoxy(50,21);write(Oeste_flux(3,51):4:2); ( restar a janela )

  gotoxy(57,21); write(Oeste_flux(3,53):4:2);

  if tipo_obra = 'M' then Oeste_flux(3,61) := Tab_Area(1)
  else Oeste_flux(3,61) := Tab_Area(2);

  gotoxy(67,21); write(Oeste_flux(3,61):4:2);

  telon(28,1);
  readln(caso);
  ts:=tt;

  Oeste_flux(3,71) := Fator_Conc_Pe (caso,pedestre(43),proporc_conv(4,4));
  gotoxy(73,21); write(Oeste_flux(3,71):4:2);

  Oeste_flux(3,81) := 1;

  Oeste_flux(3,9) := Oeste_flux(3,1);
  for i:= 2 to 8 do
    Oeste_flux(3,9) := Oeste_flux(3,9) + Oeste_flux(3,i);
  Oeste_flux(3,91) := Oeste_flux(3,9) * 1000 * Num_faixas_grupo(4,2);

```

```

    gotoxy(25,21); write(Header_flux0,21:4:0);
end;

carac := ' ';
while ((carac <> 'S') and (carac <> 'H')) do
begin
    gotoxy(2,23); write('outra fase (S/H) [ ]'); gotoxy(19,23);
    carac := up-asc(readkey);
end
end;

matriz := 'P'
end;

procedura exibe_calc_aprox_norte;
begin
    exibe_grupo_faixa(2,1,20);
    carac := ' ';
    while ((carac <> 'S') and (carac <> 'H')) do
    begin
        ( convergencia a esquerda )

        conv_esq := true;

        if (grupo_faixa(1,1) <> '.') or (grupo_faixa(1,2) <> '.') then
        begin
            Norte_flux(1,1) := fator_faixa( grupo_faixa(1,1) );

            if Norte_flux(1,1) = 0 then
            begin
                gotoxy(25,9); write('use');
                gotoxy(25,10); write('? fa');
            end
            else
            begin
                gotoxy(26,10); write( Norte_flux(1,1):4:2);
            end;
            Norte_flux(1,2) := fator_faixa( grupo_faixa(1,2) );

            gotoxy(32,10); write( Norte_flux(1,2):4:2);

            Norte_flux(1,3) := fator_faixa( grupo_faixa(1,3) );

            gotoxy(38,10); write( Norte_flux(1,3):4:2);

            Norte_flux(1,4) := fator_faixa( grupo_faixa(1,4) );

            gotoxy(44,10); write( Norte_flux(1,4):4:2);

            Norte_flux(1,5) := fator_faixa( grupo_faixa(1,5) );

            gotoxy(50,10); write( Norte_flux(1,5):4:2);
        end;
    end;
end;

```

```

if tipo_area = '1' then Norte_flux[1,6]:= Tab_Area[1]
else Norte_flux[1,6]:= Tab_Area[2];

gotoxy(57,10); write(Norte_flux[1,6]:4:0);

Norte_flux[1,7]:= 1;

Norte_flux[2,8]:= Laza_flux[2,8] + Laza_flux[2,9];

begin(9,10);
readln(caso);
end;

Norte_flux[1,8]:= Fator_Conv_Esq(caso,pedestre[1],proporc_conv[1],13,0,0,0,1,1);

gotoxy(69,10); write(Norte_flux[1,8]:4:0);

Norte_flux[1,9] := Norte_flux[1,1];
for i:= 2 to 8 do
  Norte_flux[1,9]:= Norte_flux[1,9] * Norte_flux[1,i];
Norte_flux[1,9]:= Norte_flux[1,9] * 1000 * Num_faixa_grupo[1,1];

gotoxy(79,10); write(Norte_flux[1,9]:4:0);

end;

( 'Equipamento dirato ' )

conv_esq := false;

if (grupo_faixa[1,3] <> '.') or (grupo_faixa[1,4] <> '.') or
   (grupo_faixa[1,5] <> '.') or (grupo_faixa[1,6] <> '.') or
   (grupo_faixa[1,7] <> '.') or (grupo_faixa[1,8] <> '.') then
  begin
    Norte_flux[2,10]:= Fator_Largura (larg_faixa[1,2]);

    if Norte_flux[1,1] = 0 then
      begin
        gotoxy(25,14);write('uso');
        gotoxy(79,15);write('0.00');
      end
    else
      begin
        gotoxy(26,15); write( Norte_flux[2,10]:4:0);
      end;
    Norte_flux[2,11]:= Fator_Vel_Fac(caso,pedestre[1,2]);

    gotoxy(22,15); write(Norte_flux[2,11]:4:2);

    Norte_flux[2,12]:= Fator_Breid[1] * def[1];

    gotoxy(49,15); write(Norte_flux[2,12]:4:0);
  end;

```

```

Horte_flux[2,1] := Factor_Maach(as[1,2], Num_faixas_grupo[1,2]);
gotoxy(44,15); write(Horte_flux[2,4]:4:0);

Num_flo[2,1] := Fator_Div_Gr[ibus[1,2], Num_faixas_grupo[1,2]);

gotoxy(50,15); write(Horte_flux[2,5]:4:0);

if Lipo_area = 1 then Num_flo[2,2] := Tab_Area[1]
else Num_flo[2,4] := Tab_Area[2];

gotoxy(57,15); write(Horte_flux[2,6]:4:0);

if (Horte_flo[2,2] = 1) then
begin
  telon(14,15);
  readln(caso);
  teloff;

  Horte_flux[2,7] := Fator_Div_B[ caso, pedestres[13], preparo_conv[1,3] ];

  gotoxy(63,15); write(Horte_flux[2,7]:4:0);
end
else Horte_flux[2,7] := 1.00;

gotoxy(65,15); write(Horte_flux[2,7]:4:0);

if (Hm_faixas_grupo[1,2] = 1) or (Horte_flux[1,3] < 0) then
  U3 := Lava_flux[2,2] + Lava_flux[2,3]
else U3 := Ia_f_grupo_faixas[2,2];

if (Horte_flux[1,3] = 0) then
begin
  telon(14,15);
  readln(caso);
  teloff;

  Horte_flux[2,8] := Fator_Div_U[ caso, pedestres[13], preparo_conv[1,3], U3, matriz ];

  gotoxy(67,15); write(Horte_flux[2,8]:4:0);
end
else Horte_flux[2,8] := 1.00;

gotoxy(69,15); write(Horte_flux[2,8]:4:0);

Horte_flo[2,9] := Horte_flux[2,1];
for i:= 2 to 8 do
  Horte_flux[2,9] := Horte_flux[2,9] * Horte_flux[2,i];
Horte_flo[2,9] := Horte_flux[2,9] * 1000 * Num_faixas_grupo[1,2];

gotoxy(75,15); write(Horte_flux[2,9]:4:0);
end;

[ convergencia = Direita ]

```



```

if (grupo_faixas(1,1) = '1') or (grupo_faixas(1,10) = '1') then
begin
  Norte_flux(3,1) := Fator_Largura (larg_faixas(1,33));

  if Norte_flux(3,1) = 2 then
  begin
    gotoxy(25,20); write('use');
    gotoxy(25,21); write('2 px');
  end
  else
  begin
    gotoxy(26,21); write( Norte_flux(3,1):4:2);
  end;

  Norte_flux(3,2) := Fator_Vel_Pesado(vel_pesado(1,33));

  gotoxy(32,21); write(Norte_flux(3,2):4:2);

  Norte_flux(3,3) := Fator_Greide( greide(13));

  gotoxy(38,21); write(Norte_flux(3,3):4:2);

  Norte_flux(3,4) := Fator_Manchobas(num_manchobas(1,23),num_faixas_grupo(1,33));

  gotoxy(44,21); write(Norte_flux(3,4):4:2);

  Norte_flux(3,5) := Fator_Bus(omibus(1,23),num_faixas_grupo(1,33));
  gotoxy(50,21); write(Norte_flux(3,5):4:2); / restante janela

  gotoxy(56,21); write(Norte_flux(3,5):4:2);

  if tipo_area = '1' then Norte_flux(3,6) := Tab_Area(13)
  else Norte_flux(3,6) := Tab_Area(21);

  gotoxy(62,21); write(Norte_flux(3,6):4:2);

  tstop(20,21);
  equal(1,2);
  teloff;

  Norte_flux(3,7) := Fator_Dom_Bin(casa,pedestre(13),proporc_grupo(1,43));

  gotoxy(68,21); write(Norte_flux(3,7):4:2);

  Norte_flux(3,8) := Norte_flux(3,1);

  Norte_flux(3,9) := Norte_flux(3,9) * Norte_flux(3,1);
  Norte_flux(3,9) := Norte_flux(3,9) * 1000 * Num_faixas_grupo(1,33);

  gotoxy(74,21); write(Norte_flux(3,9):4:2);
end;

```

```

carac := ' ';
while ((carac () 'S') and (carac () 'W')) do
begin
  gotoxy(2,23);write('Confirma? (S/W) [ ]');gotoxy(19,23);
  carac := upcase(readkey);
end
end;

matriz:= 'S'
end;

procedure exhibe_calc_aprox_sul;
begin
  exhibe_grupo_faixa_sat_NS(P);
  carac := ' ';
  while (carac () 'S') do
  begin
    [ convergencia a esquerda ]

    conv_esq := true;

    if (grupo_faixa[2,1] () '.') or (grupo_faixa[2,2] () '.') then
    begin

      Sul_flux[1,1]:= Fator_Largura (Larg_faixa[2,1]);

      if Sul_flux[1,1] = 2 then
      begin
        gotoxy(25,10);write('use');
        gotoxy(26,10);write('2 fa');
      end
      else
      begin
        gotoxy(26,10); write('Sul_flux[1,1]:4:2);
      end;
      Sul_flux[1,2]:= Fator_Mai_Pes(veic_pesado[2,1]);

      gotoxy(32,10); write('Sul_flux[1,2]:4:2);

      Sul_flux[1,3]:= Fator_Greide( greide[2]);

      gotoxy(38,10); write(Sul_flux[1,3]:4:2);

      Sul_flux[1,4]:= Fator_Manobras(no_manobras[2,2],Num_faixas_grupo[2,1]);

      gotoxy(44,10); write(Sul_flux[1,4]:4:2);

      Sul_flux[1,5]:= 1 div (Sul_flux[1,1]*Num_faixas_grupo[2,1]);

      gotoxy(50,10); write(Sul_flux[1,5]:4:2);

      if (Sul_flux[1,5] = 1) then Sul_flux[1,6]:= Tab_Areas[1]
      else Sul_flux[1,6]:= Tab_Areas[2];
    end
  end
end;

```

```

gotoxy(57,10); write(Sul_flux[1,6]:4:2);

Sul_flux[1,7]:= 1;

V3:= taxa_flux[1,2] + lava_flux[1,3];

f:=f+1;
readln(caso);
f:=f+1;

Sul_flux[1,9]:= Fator_Conv_Esq(caso,pedestres[2],proporc_conv[2,1],V3,matriz);

gotoxy(79,10); write(Sul_flux[1,9]:4:2);

Sul_flux[1,9] := Sul_flux[1,1];
for i:= 2 to 8 do
  Sul_flux[1,9]:= Sul_flux[1,9] * Sul_flux[1,i];
Sul_flux[1,9]:= Sul_flux[1,9] * 1000 * Num_faixas_grupo[2,i];

gotoxy(75,10); write(Sul_flux[1,9]:4:0);

end;

( movimento direto )

conv_esq := false;

if (grupo_faixa[2,3] (< '.') or (grupo_faixa[2,4] (< '.') or
(grupo_faixa[2,5] (< '.') or (grupo_faixa[2,6] (< '.') or
(grupo_faixa[2,7] (< '.') or (grupo_faixa[2,8] (< '.')) then
begin
  Sul_flux[2,1]:= Fator_Larg_faixa (Larg_faixa[2,2]);

  if Sul_flux[2,1] = 0 then
  begin
    gotoxy(25,14);write('use');
    gotoxy(25,15);write('2. M');
  end
  else
  begin
    gotoxy(26,15); write( Sul_flux[2,1]:4:2)
  end;
  Sul_flux[2,2]:= Fator_Vel_Pes(vel_pesado[2,2]);

  gotoxy(30,15); write(Sul_flux[2,2]:4:0);

  Sul_flux[2,3]:= Fator_Grside( grsid[2,3]);

  gotoxy(38,15); write(Sul_flux[2,3]:4:2);

  Sul_flux[2,4]:= Fator_Manobras(no_manobras[2,2],flua_faixa[2,2],grupo[2,2]);

  gotoxy(44,15); write(Sul_flux[2,4]:4:2);

```

```

Sol_flux[2,53]:= Fator_Bus(omibus[2,2],Num_faixas_grupo[2,2]);

gotoxy(50,15); write(Sol_flux[2,53]:4:0);

if tipo_area = '1' then Sol_flux[2,63]:= Tab_Area[1]
else Sol_flux[2,63]:= Tab_Area[2];

gotoxy(77,15); write(Sol_flux[2,63]:7:0);

if (Sol_flux[2,33]=0) then
begin
  telon(14,15);
  readln(caso);
  teloff;

  Sol_flux[2,73]:= Fator_Conv_Bir(caso,pedestres[2],propor_conv[2,33]);

  gotoxy(43,15); write(Sol_flux[2,73]:4:2);
end
else Sol_flux[2,73]:= 1.00;

gotoxy(63,15); write(Sol_flux[2,73]:4:2);

if (Num_faixas_grupo[2,2] = 1) or (Sol_flux[1,33] < 0) then
  V1:= taxa_flux[1,23] + taxa_flux[1,3];
else V1:= 1;

if (Sol_flux[1,33] = 0) then
begin
  telon(14,15);
  readln(caso);
  teloff;

  Sol_flux[2,83]:= Fator_Conv_Faz(caso,pedestres[2],propor_conv[2,2],V1,mat[2]);

  gotoxy(69,15); write(Sol_flux[2,83]:4:2);
end
else Sol_flux[2,83]:= 1.00;

gotoxy(89,15); write(Sol_flux[2,83]:4:2);

Sol_flux[2,91] := Sol_flux[2,83];
for i:= 2 to 9 do
  Sol_flux[2,93]:= Sol_flux[2,91] * Sol_flux[2,i3];
Sol_flux[2,95]:= Sol_flux[2,93] * 1000 * Num_faixas_grupo[2,2];

gotoxy(75,15); write(Sol_flux[2,95]:4:0);
end;

( convergencia a direita )

if (grupo_faixa[2,91] < '1') or (grupo_faixa[2,10] < '1') then
begin

```

```

Sul_flux[3,1]:= Fator_Largura (Larg_faixa[2,3]);

if Sul_flux[3,1] = 2 then
begin
  gotoxy(25,20);write('use');
  gotoxy(25,21);write('2 fx');
end
else
begin
  gotoxy(26,21); write( Sul_flux[3,1]:4:2);
end;

Sul_flux[3,2]:= Fator_Vei_Pes(veic_pesado[2,3]);

gotoxy(32,21); write(Sul_flux[3,2]:4:2);

Sul_flux[3,3]:= Fator_Greide( greide[2]);

gotoxy(38,21); write(Sul_flux[3,3]:4:2);

Sul_flux[3,4]:= Fator_Manobras(no_manobras[2,3],Num_faixas_grupo[2,3]);

gotoxy(44,21); write(Sul_flux[3,4]:4:2);

Sul_flux[3,5]:= Fator_Bus(onibus[2,3],Num_faixas_grupo[2,3]);
gotoxy(50,15); write(Sul_flux[2,5]:4:2); ( restaura janela )

gotoxy(50,21); write(Sul_flux[3,5]:4:2);

if tipo_area = '1' then Sul_flux[3,6]:= Tab_Area[1]
else Sul_flux[3,6]:= Tab_Area[2];

gotoxy(57,21); write(Sul_flux[3,6]:4:2);

telon(60,21);
readln(caso);
teloff;

Sul_flux[3,7]:= Fator_Conv_Dir(caso,pedestre[2],propor_conv[2,4]);

gotoxy(63,21); write(Sul_flux[3,7]:4:2);

Sul_flux[3,8]:= 1;

Sul_flux[3,9] := Sul_flux[3,1];
for i:= 7 to 0 do
  Sul_flux[3,9]:= Sul_flux[3,9] * Sul_flux[3,i];
Sul_flux[3,9]:= Sul_flux[3,9] * 1000 * Num_faixas_grupo[2,3];

gotoxy(75,21); write(Sul_flux[3,9]:4:0);
end;

carac := ' ';
while ((carac <> 'S') and (carac <> 'N')) do

```

```

begin
  gotoxy(8,20);write('Confirma? (S/N) [ ]');gotoxy(15,20);
  carac := upcase(readkey);
  end
end;
end;

```

( programa principal do modulo de fluxo de saturacao )

```

procedura ajm_i_fluxo_saturacao;

```

```

begin

```

```

  for i:= 1 to 4 do

```

```

    begin

```

```

      Cop[i] := 0;

```

```

      Yoc[i] := 0;

```

```

      gnf[i] := 0;

```

```

      PEC[i] := 0;

```

```

      PEE[i] := 0;

```

```

      gpf[i] := 0;

```

```

      PTE[i] := 0;

```

```

      gPE[i] := 0;

```

```

      ECE[i] := 0;

```

```

      Pm[i] := 0;

```

```

      PEE1[i] := 0;

```

```

    end;

```

```

  cardes := 'LESTEDESTENORTESUL ';

```

```

  i:=1;

```

```

  nat:=1;

```

```

  for w:=1 to 4 do

```

```

    begin

```

```

      card := ((w + 5) mod 4) + 1;

```

```

      imp_cah_nat:=copy(cardes,k,5);

```

( exibir d b e alucis )

```

      gotoxy(21,17); write('Num_faixa_grupo',card,1);

```

```

      gotoxy(21,18); write('Num_faixa_grupo',card,2);

```

```

      gotoxy(21,19); write('Num_faixa_grupo',card,3);

```

```

      j := 1;

```

```

      for i:=k to k+4 do

```

```

        begin

```

```

          gotoxy(2,2);write(copy(cardes,i,1));

```

```

          j := j + 1;

```

```

        end;

```

```

      k := k + 5;

```

```

    end nat:=nat+1;

```

```

    'L': exibe_cald_aprox_laste;

```

```

    'O': exibe_cald_aprox_oste;

```

```

    'N': exibe_cald_aprox_norte;

```

```

        end;
    end;
    exibe_formulário_suplementar
end;

begin
end;

```

```

(*****
 *
 * Sistema: Controlador de Cruzamento - Descentralizado
 *
 * Modulo: SUPLEMEN.PAS
 *
 * Funcao: Edicao do formulario suplementar
 *          para o modulo de FCE
 *
 * Em: 1994/01
 *
 *****)

```

```

unit suplementar;
interface
uses crt;
type vetorAreal = array[1..41] of real;

var
    Sup, Yo, gu, PE, PE, gu, PT, of, EC, Pa, FCE : vetorAreal;

procedure exibe_formulario_sup: real;

```

```

implementation

var
    i, j, link : integer;
    i, link : real;

```

```

procedure exibe_formulario_suplementar;
begin
    clrscr;
    gotoxy(1,1);write('Formulario Suplementar para FCE');

```

```

write(' ');
write(' A');
write(' P');
write(' r');
write(' o');
write(' x');
write(' ');
write(' ');

```

	Sup	Yo	gu	PE	PE	gu	PT	of	EC	Pa	FCE

```

write(' ');
write(' ');

```



















```

procedo = impr_tab_sul;
var card;
begin
  card := 0;
  writeln('1 1 ',seta(grupo_faixa(card,13,1,card),' ',seta(grupo_faixa(card,23,2,card),' '));
  writeln('1 2 ',seta(grupo_faixa(card,13,1,' '),sul_flux(1,13:4:2,' '),sul_flux(1,23:4:2,' '),sul_flux(1,33:4:2,' '),
  sul_flux(1,43:4:2,' '),sul_flux(1,53:4:2,' '),sul_flux(1,63:4:2,' '),sul_flux(1,73:4:2,' '),
  sul_flux(1,83:4:2,' '),sul_flux(1,93:4:2,' '));
  writeln('1 3 |-----|');
  writeln('1 4 |-----|');
  writeln('1 5 |-----|');
  writeln('1 6 |-----|');
  writeln('1 7 |-----|');
  writeln('1 8 ',seta(grupo_faixa(card,33,3,card),' ',seta(grupo_faixa(card,43,4,card),' ',
  seta(grupo_faixa(card,53,5,card),' '),seta(grupo_faixa(card,63,6,card),' '),
  seta(grupo_faixa(card,73,7,card),' '),seta(grupo_faixa(card,83,8,card),' '),
  '1 9999 ',sul_flux(2,33:4:2,' '),sul_flux(2,43:4:2,' '),sul_flux(2,53:4:2,' '),
  sul_flux(2,63:4:2,' '),sul_flux(2,73:4:2,' '),sul_flux(2,83:4:2,' '),sul_flux(2,93:4:2,' '));
  writeln('1 10 |-----|');
  writeln('1 11 |-----|');
  writeln('1 12 |-----|');
  writeln('1 13 |-----|');
  writeln('1 14 |-----|');
  writeln('1 15 ',seta(grupo_faixa(card,93,9,card),' ',seta(grupo_faixa(card,103,10,card),' '));
  writeln('1 16 ',sul_flux(3,93:4:2,' '),sul_flux(3,103:4:2,' '),sul_flux(3,113:4:2,' '),
  sul_flux(3,123:4:2,' '),sul_flux(3,133:4:2,' '),sul_flux(3,143:4:2,' '));
  writeln('1 17 |-----|');
end;

```

```

procedo = impr_col_suplementar;
begin
  writeln('Formulario Suplementar para FCE ');
  writeln('1 |-----|');
  writeln('1 A |-----|');
  writeln('1 p |-----|');
  writeln('1 v |-----|');
end;

```





```

writeIn(' ', seta(grupo_faixa(card), 81, 8, card), ' ', ' ');
writeIn(' ', copy(cardes), 7, 1), '-----');
writeIn(' ', seta(grupo_faixa(card), 91, 9, card), ' ', ' ');
writeIn(' ', seta(grupo_faixa(card), 10, 10, card), ' ', 'fluxo_ajust(card), 31:3:0,' ', ' ',
Leste_Flux(1), 7:1:4:0,' ', 'taxa_fluxo_v_s(card), 31:5:3,' ', ' ',
taxa_verde_v_s(card), 31:5:3,' ', 'capac_grupo_faixas(card), 31:4:0,' ', ' ',
taxa_v_s(card), 31:4:2,' ', 'grupos_fx_criticos(card), 31,' ', ' ');
writeIn('-----');
end;

procedura lupi_lab_capac_N_S(card:integer;ca:decimal;ca2:integer)
begin
writeIn(' ', seta(grupo_faixa(card), 11, 1, card), ' ', seta(grupo_faixa(card), 21, 2, card),
' ', 'fluxo_ajust(card), 11:3:0,' ', 'Leste_Flux(1), 91:4:0,' ', 'taxa_fluxo_v_s(card), 11:5:3,' ', ' ',
taxa_verde_v_s(card), 11:5:3,' ', 'capac_grupo_faixas(card), 11:4:0,' ', ' ',
taxa_v_s(card), 11:4:2,' ', 'grupos_fx_criticos(card), 11,' ', ' ');
writeIn(' ', ' ');
writeIn(' ', copy(ca:ca2), 1, 1), '-----');
writeIn(' ', ' ');
writeIn(' ', copy(cardes), 2, 1), ' ');
writeIn(' ', ' ');
writeIn(' ', copy(ca:ca2), 7, 1), ' ',
seta(grupo_faixa(card), 31, 3, card),
seta(grupo_faixa(card), 41, 4, card),
seta(grupo_faixa(card), 51, 5, card), ' ',
seta(grupo_faixa(card), 61, 6, card),
seta(grupo_faixa(card), 71, 7, card),
seta(grupo_faixa(card), 81, 8, card),
' ', 'fluxo_ajust(card), 31:3:0,' ', ' ',
Leste_Flux(1), 31:4:0,' ', 'taxa_fluxo_v_s(card), 21:5:2,' ', ' ',
taxa_verde_v_s(card), 31:5:3,' ', 'capac_grupo_faixas(card), 21:4:0,' ', ' ',
taxa_v_s(card), 21:4:2,' ', 'grupos_fx_criticos(card), 21,' ', ' ');
writeIn(' ', ' ');
writeIn(' ', copy(ca:ca2), 4, 1), ' ', ' ');
writeIn(' ', ' ');
writeIn(' ', copy(ca:ca2), 5, 1), '-----');
writeIn(' ', ' ');
writeIn(' ', seta(grupo_faixa(card), 91, 9, card), ' ', seta(grupo_faixa(card), 101, 10, card),
' ', 'fluxo_ajust(card), 31:3:0,' ', 'Leste_Flux(3), 91:4:0,' ', 'taxa_fluxo_v_s(card), 31:5:3,' ', ' ',
taxa_verde_v_s(card), 31:5:3,' ', 'capac_grupo_faixas(card), 31:4:0,' ', ' ',
taxa_v_s(card), 31:4:2,' ', 'grupos_fx_criticos(card), 31,' ', ' ');
writeIn('-----');
end;

```





```
for m := 1 to 9 do
```

```
begin
```

```
  card := (m mod 4) + 1;
```

```
  case card of
```

```
    1,2 : impr_lab_wel_H_S(poscard,card);
```

```
    3,4 : impr_lab_wel_L_D(poscard,card);
```

```
  end;
```

```
  poscard := poscard + 5;
```

```
end;
```

```
(* Impressão do formulário de ajustamento de fluxo de saturação *)
```

```
impr_lab_sat7;
```

```
impr_lab_sat_1sat7;
```

```
impr_lab_sat_0sat7;
```

```
impr_lab_sat_10sat7;
```

```
impr_lab_sat_5sat7;
```

```
(* Impressão do formulário suplementar *)
```

```
impr_lab_suplementar;
```

```
poscard := 1;
```

```
for i := 1 to 4 do
```

```
begin
```

```
  card := ((i+5) mod 4)+1;
```

```
  impr_lab_suplementar(i, card, card);
```

```
  poscard := poscard + 5;
```

```
end;
```

```
(* Impressão do formulário de análise de capacidade *)
```

```
impr_lab_capac1;
```

```
poscard := 1;
```

```
for i := 1 to 4 do
```

```
begin
```

```
  card := ((i+5) mod 4)+1;
```

```
  case card of
```

```
    1,2 : impr_lab_capac_H_S(card,copy(cardeais,poscard,5));
```

```
    3,4 : impr_lab_capac_L_D(card,copy(cardeais,poscard,5));
```

```
  end;
```

```
  poscard := poscard + 5;
```

```
end;
```

```
writeLn('Carga máxima de carga: (0) ', i, 'kg.');
```

```
writeLn('Tempo perdido por dia: (0) ', tempo_perdido, ' seg.');
```

```
Sumatorio de v/a = ', v_a_total, 'kg.');
```

```
Xc = ', Xc, 'kg.');
```

```
(* Impressão do formulário de nível de serviço *)
```

```
impr_lab_nivserv1;
```

```
poscard := 1;
```

```
for i := 1 to 4 do
```

```
begin
```

```
  card := ((i+5) mod 4)+1;
```

```
  case card of
```

```
    1,2 : impr_lab_nivserv_H_S(card,copy(cardeais,poscard,5));
```

```

        Q,4 : in := niv_serv_int_U(1,4,opcao: JaJa,parada,5))
    end;
    poscard := poscard + 1;
end;
writeln('Demora de atendimento ',dem_int:0,' seg/veic.
        'Nivel de servico de atendimento ',niv_serv_int);

close(output)
end;

begin
end.
[*****]
*
* Sistema: Analizador de Cruzamentos Semaforizados
*
* Modulo: CAPACIDA.PAS
*
* Funcao: Edicao de Formulário de
*         análise de capacidade
*
* Em: 1990/01
*
[*****]

unit capacida;
interface
uses crt,entrada,ajustvel,ajustvel;
var
    tex_verde_v_s      : array[1..4,1..3] of real;
    tex_verde_g_C      : array[1..4,1..3] of real;
    capac_grupo_faxoxe : array[1..4,1..3] of real;
    tam_grupo          : array[1..4,1..3] of real;
    grupo_fa_c_ilicao   : array[1..4,1..3] of char;
    qnt_intel          : real;
    tempo_max_d_L      : integer;
    Kc                  : real;

procedure imp_cab_capac(card:real:string);
procedure jonel (N1,N2,N3,N4:integer);
procedure exibe_grupo_fax_grupo_LD(card:integer);
procedure exibe_grupo_fax_grupo_HD(card:integer);
procedure exibe_cabo_capacidade(card:integer);
procedure analise_capacidade;

implementation

var qnt:integer;

procedure imp_cab_capac(card:real:string);
begin
    clrscr;
    gotoxy(1,1);writeln('Formulário de Análise de Capacidade (aprox. ',card:real,')');
    gotoxy(1,2);

```



```

gotoxy(10,11); write('taxa_grupo_faixas(card,6,card));
gotoxy(11,12); write('taxa_grupo_faixas(card,7,card));
gotoxy(12,13); write('taxa_grupo_faixas(card,8,card));
gotoxy(13,14); write('taxa_grupo_faixas(card,9,card));
gotoxy(14,15); write('taxa_grupo_faixas(card,10,10,card));
end;

procedure exibe_calc_capacidade(card:integer);
begin
  case card of
    1: exibe_grupo_faixas_grupo_HR(card);
    2: exibe_grupo_faixas_grupo_10(card);
  end;
  readln;
  while (card < 10) do
    begin
      ( convergencia a esquerda )

      if (grupo_faixas(card,1) < ' ') or (grupo_faixas(card,2) < ' ') then
        begin
          gotoxy(14,10);write('Fluxo_aju=10:4:1:1:3:0');
          case (card) of
            3: begin
                gotoxy(24,10);write('Leste_Flux[1,9]:4:0');
                taxa_fluxo_v_e(card,1) := Fluxo_ajust(card,1) / Leste_Flux[1,9];
              end;
            4: begin
                gotoxy(24,10);write('Oeste_Flux[1,9]:4:0');
                taxa_fluxo_v_e(card,1) := Fluxo_ajust(card,1) / Oeste_Flux[1,9];
              end;
            5: begin
                gotoxy(24,10);write('Norte_Flux[1,9]:4:0');
                taxa_fluxo_v_e(card,1) := Fluxo_ajust(card,1) / Norte_Flux[1,9];
              end;
            6: begin
                gotoxy(24,10);write('Sul_Flux[1,9]:4:0');
                taxa_fluxo_v_e(card,1) := Fluxo_ajust(card,1) / Sul_Flux[1,9];
              end;
          end;
          gotoxy(22,10);write('taxa_fluxo_v_e(card,1):5:0');
          gotoxy(42,14,46,16);
          readln;
          taxa_verde_g_C(card,1) := g / ciclo;
          gotoxy(43,17);write('taxa_verde_g_C(card,1):5:3');
          case (card) of
            3: begin
                capac_grupo_faixas(card,1) := Leste_Flux[1,9] * taxa_verde_g_C(card,1);
              end;
            4: begin
                capac_grupo_faixas(card,1) := Oeste_Flux[1,9] * taxa_verde_g_C(card,1);
              end;
            5: begin

```



```

        capac_grupo_faixas(card,1) := Norte_Flux[1,9] * taxa_verde_g_C(card,1)
    end;
2: begin
    capac_grupo_faixas(card,1) := Sul_Flux[1,9] * taxa_verde_g_C(card,1)
end
end;
gotoxy(55,10);write(capac_grupo_faixas(card,1):4:0);

taxa_v_C(card,1) := fluxo_ajust(card,1) / capac_grupo_faixas(card,1);
gotoxy(55,10);write(taxa_v_C(card,1):4:2);
gotoxy(75,10);write(temperatura_critica(card,1))
end;

( movimento direta )

if (grupo_faixa(card,2) ('.')) or (grupo_faixa(card,4) ('.')) or
   (grupo_faixa(card,5) ('.')) or (grupo_faixa(card,6) ('.')) or
   (grupo_faixa(card,7) ('.')) or (grupo_faixa(card,8) ('.')) then
    begin
        gotoxy(11,16);write('Fluxo_ajust(card,2):0:0);
        case (card) of
            3: begin
                gotoxy(24,16);write(Leste_Flux[2,9]:4:0);
                taxa_fluxo_v_s(card,2) := fluxo_ajust(card,2) / Leste_Flux[2,9]
            end;
            4: begin
                gotoxy(24,16);write(Oeste_Flux[2,9]:4:0);
                taxa_fluxo_v_s(card,2) := fluxo_ajust(card,2) / Oeste_Flux[2,9]
            end;
            5: begin
                gotoxy(24,16);write(Norte_Flux[2,9]:4:0);
                taxa_fluxo_v_s(card,2) := fluxo_ajust(card,2) / Norte_Flux[2,9]
            end;
            6: begin
                gotoxy(24,16);write(Sul_Flux[2,9]:4:0);
                taxa_fluxo_v_s(card,2) := fluxo_ajust(card,2) / Sul_Flux[2,9]
            end
        end;
        gotoxy(33,16);write(taxa_fluxo_v_s(card,2):5:3);
        gotoxy(46,16,48,18);
        readln(p);
        teloff;
        taxa_verde_g_C(card,2) := g / ciclo;
        gotoxy(40,16);write(taxa_verde_g_C(card,2):5:2);
        case (card) of
            3: begin
                capac_grupo_faixas(card,2) := Leste_Flux[2,9] * taxa_verde_g_C(card,2)
            end;
            4: begin
                capac_grupo_faixas(card,2) := Oeste_Flux[2,9] * taxa_verde_g_C(card,2)
            end;
            5: begin
                capac_grupo_faixas(card,2) := Norte_Flux[2,9] * taxa_verde_g_C(card,2)
            end;
        end;
    end;
end;

```

```

2: begin
    capac_grupo_faixas(card,2) := Sol_Flux[2,9] * taxa_verde_g(card,2)
end
end;
gotoxy(55,16);write('capac_grupo_faixas(card,2):4:0);

taxa_vf(card,2) := Fluxo_just(card,2) / capac_grupo_faixas(card,2);
gotoxy(45,17);write('taxa_vf(card,2):4:2);
gotoxy(75,16);readln('grupos_fa_criticos(card,2)

end;

('convergencia a direita)

if (grupo_faixas(card,2) < '0') or (grupo_faixas(card,10) < '0') then
begin
    gotoxy(16,22);write('fluxo_just(card,2):3:0);

case (card) of
    0: begin
        gotoxy(14,23);write('Leste_Flux[3,2]:4:0);
        taxa_fluxo_vf(card,3) := fluxo_just(card,3) / Leste_Flux[3,2]
        end;
    4: begin
        gotoxy(24,23);write('Oeste_Flux[3,9]:4:0);
        taxa_fluxo_vf(card,3) := fluxo_just(card,3) / Oeste_Flux[3,9]
        end;
    1: begin
        gotoxy(34,23);write('Norte_Flux[3,9]:4:0);
        taxa_fluxo_vf(card,3) := fluxo_just(card,3) / Norte_Flux[3,9]
        end;
    3: begin
        gotoxy(24,23);write('Sol_Flux[3,9]:4:0);
        taxa_fluxo_vf(card,3) := fluxo_just(card,3) / Sol_Flux[3,9]
        end;
end;
gotoxy(33,22);write('taxa_fluxo_vf(card,3):3:3);
writeln(42,14,42,10);
readln(g);
clear;
taxa_verde_g(card,3) := g / 1000;
gotoxy(47,22);write('taxa_verde_g(card,3):3:3);
gotoxy(40,17);write('taxa_verde_g(card,3):5:3);
case (card) of
    0: begin
        capac_grupo_faixas(card,3) := Leste_Flux[3,2] * taxa_verde_g(card,3)
        end;
    4: begin
        capac_grupo_faixas(card,3) := Oeste_Flux[3,9] * taxa_verde_g(card,3)
        end;
    1: begin
        capac_grupo_faixas(card,3) := Norte_Flux[3,9] * taxa_verde_g(card,3)
        end;
    3: begin

```





```

write(' ');
write(' ');
write(' ');
end;

function pesq_niv_serv(demora:integer);
var i:integer;
begin
  for i:= 1 to 4 do
    if ((demora = tab_dem_mod[i]) and (demora <= tab_dem_mod[i+1])) then
      pesq_niv_serv := tab_niv_serv[i];
    end;
  end;

function pesq_tabela_1(taxa_v_c,tipo_cheg:real):real;
var i:integer;
begin
  for i := 1 to 3 do
    if ((taxa_v_c = tab_taxa_vc[i]) and (taxa_v_c <= tab_taxa_vc[i+1])) then
      pesq_tabela_1 := tab_fator_prog_1[i],trunc(tipo_cheg);
    end;
  end;

function pesq_tabela_2(taxa_v_c,tipo_cheg:real):real;
var i:integer;
begin
  for i := 1 to 3 do
    if ((taxa_v_c = tab_taxa_vc[i]) and (taxa_v_c <= tab_taxa_vc[i+1])) then
      pesq_tabela_2 := tab_fator_prog_2[i+1],trunc(tipo_cheg);
    end;
  end;

function pesq_tabela_3(taxa_v_c,tipo_cheg:real):real;
var i:integer;
begin
  for i := 1 to 3 do
    if ((taxa_v_c = tab_taxa_vc[i]) and (taxa_v_c <= tab_taxa_vc[i+1])) then
      pesq_tabela_3 := tab_fator_prog_3[i+1],trunc(tipo_cheg);
    end;
  end;

function pesq_tabela_4(taxa_v_c,tipo_cheg:real):real;
var i:integer;
begin
  for i := 1 to 3 do
    if ((taxa_v_c = tab_taxa_vc[i]) and (taxa_v_c <= tab_taxa_vc[i+1])) then
      pesq_tabela_4 := tab_fator_prog_4[i+1],trunc(tipo_cheg);
    end;
  end;

function pesq_fator_prog(taxa_v_c,tipo_cheg:real):real;
begin
  gotoxy(47,11);write(' ');
  for j:= 12 to 36 do
    begin
      gotoxy(48,j);write(' ');
    end;
  end;

```

```

gotoxy(49,21);write('-----');
gotoxy(50,12);write('Calculo de Fator Progn. ');
gotoxy(50,13);write('Tipo Sinal? ( ) ');
gotoxy(50,14);write(' [F] Fim ');
gotoxy(50,15);write(' [A] Atual ');
gotoxy(50,16);write(' [S] Semi-atual ');
for i:= 10 to 20 do vid_rev(50,i,20,27);
tipo_sinal := '';
while (not (tipo_sinal in tipo_sinal_valido)) do
begin
  gotoxy(50,13);tipo_sinal := upcase(readkey);
end;

case tipo_sinal of
  'F' : pesq_fator_progn := pesq_tabela_1(taxa_v_c,tipo_cheg);
  'A' : pesq_fator_progn := pesq_tabela_2(taxa_v_c,tipo_cheg);
  'S' : begin
    resp := '';
    while ((resp () '0') and (resp () '1')) do
    begin
      gotoxy(50,18);write('Via secundaria? (S/N) ( )');vid_rev(50,18,27,27);
      gotoxy(73,18);resp := upcase(readkey);
    end;
    if (resp = 'S') then
      pesq_fator_progn := pesq_tabela_4(taxa_v_c,tipo_cheg)
    else
      pesq_fator_progn := pesq_tabela_3(taxa_v_c,tipo_cheg);
    end;
  end;
end;
gotoxy(49,11);write(' ');
gotoxy(49,12);write(' ');
gotoxy(49,13);write(' ');
gotoxy(49,14);write(' ');
gotoxy(49,15);write(' ');
gotoxy(49,16);write(' ');
gotoxy(49,17);write(' ');
gotoxy(49,18);write(' ');
gotoxy(49,19);write(' ');
gotoxy(49,20);write(' ');
gotoxy(49,21);write(' ');
end;

```

```

procedure exibe_grupo_faixa_cap_NB(card);

```

```

begin

```

```

  case card of

```

```

    1,2: exibe_grupo_faixa_cap_NB(card);

```

```

    3,4: exibe_grupo_faixa_cap_NB(card);

```

```

  end;

```

```

  card := '';

```

```

  while (card () '0') do

```

```

  begin

```

```

    ( convergencia a esquerda )

```

```

    if (grupo_faixa[card,13 () '1') or (grupo_faixa[card,23 () '1') then

```

```

begin
  gotoxy(15,10);write(taxa_v_rfcard,1:10:2);
  gotoxy(20,10);write(taxa_verde_g_fc card,1:13:3);
  gotoxy(27,10);write(ciclo:3);

  X := taxa_v_rfcard,1;
  g_C := taxa_verde_g_fc card,1;
  c := capac_grupo_faixafc card,1;

  den_dfc card,1 := round(0.33 * ciclo * sqrt(1 - g_C) / (1 - g_C * X));

  gotoxy(32,10);write(den_dfc card,1:3);
  gotoxy(37,10);write(capac_grupo_faixafc card,1:11:0);

  den_dfc card,1? := round(1/70 * sqrt(X) * ((X-1) + sqrt(sqrt(X-1) + 16*X/c)));

  gotoxy(45,10);write(den_dfc card,1:3);

  fator_progfc card,1 := 1;
  gotoxy(51,10);write(fator_progfc card,1:4:2);

  den_grupo_faixafc card,1 := round((den_dfc card,1 + den_dfc card,1? )
    * fator_progfc card,1);
  gotoxy(57,10);write(den_grupo_faixafc card,1:3);

  mov_serv_gr_faixafc card,1 := peso_niv_c = 0(den_grupo_faixafc card,1);
  gotoxy(64,10);write(mov_serv_gr_faixafc card,1);
end;

( movimento direto )

if (grupo_faixafc card,03 <> '.') or (grupo_faixafc card,41 <> '.') or
   (grupo_faixafc card,51 <> '.') or (grupo_faixafc card,61 <> '.') or
   (grupo_faixafc card,71 <> '.') or (grupo_faixafc card,81 <> '.') then
  begin
    gotoxy(15,16);write(taxa_v_rfc card,2:14:2);
    gotoxy(20,16);write(taxa_verde_g_fc card,2:17:3);
    gotoxy(27,16);write(ciclo:3);

    X := taxa_v_rfc card,2;
    g_C := taxa_verde_g_fc card,2;
    c := capac_grupo_faixafc card,2;

    den_dfc card,2 := round(0.33 * ciclo * sqrt(1 - g_C) / (1 - g_C * X));

    gotoxy(32,16);write(den_dfc card,2:3);
    gotoxy(37,16);write(capac_grupo_faixafc card,2:11:0);

    den_dfc card,2? := round(1/70 * sqrt(X) * ((X-1) + sqrt(sqrt(X-1) + 16*X/c)));

    gotoxy(45,16);write(den_dfc card,2:3);

    fator_progfc card,2 := peso_fator_prog(taxa_v_rfc card,2,tipo_chegadafc card);
    gotoxy(51,16);write(fator_progfc card,2:4:2);
  end;
end;

```

```

dem_grupo_fx(card,2) := round( ( dem_d1(card,2) + dem_d2(card,2) )
                             * fator_prog(card,2) );
gotoxy(56,16);write(dem_grupo_fx(card,2):3);

niv_serv_or_fx(card,2) := pesq_niv_serv(dem_grupo_fx(card,2));
gotoxy(64,16);write(niv_serv_or_fx(card,2))

end;

( convergencia a direita )

if (grupo_faix(card,2) = '.' ) or (grupo_faix(card,10) = '.' ) then
begin
gotoxy(15,22);write(taxa_v_c(card,3):4:2);
gotoxy(28,22);write(taxa_verde_g_c(card,3):5:2);
gotoxy(27,22);write( cicle:3);

X := taxa_v_c(card,3);
g_c := taxa_verde_g_c(card,3);
c := capac_grupo_faix(card,3);

dem_d1(card,3) := round(0,38 * cicle * sqrt(1 - g_c) / (1 - g_c * X));

gotoxy(33,22);write(dem_d1(card,3):3);
gotoxy(39,22);write(capac_grupo_faix(card,3):4:0);

dem_d2(card,3) := round(172 * sqrt(X) * ( (X + 1) + sqrt((X + 1) + 16*X/c) ));

gotoxy(45,22);write(dem_d2(card,3):3);

fator_prog(card,3) := pesq_fator_prog(taxa_v_c(card,3),tipo_chegada(card));
gotoxy(51,22);write(fator_prog(card,3):4:2);
gotoxy(51,16);write(fator_prog(card,3):4:2);
gotoxy(56,16);write(dem_grupo_fx(card,2):0);
gotoxy(61,16);write(niv_serv_or_fx(card,2));

dem_grupo_fx(card,3) := round( ( dem_d1(card,3) + dem_d2(card,3) )
                             * fator_prog(card,3);
gotoxy(56,22);write(dem_grupo_fx(card,3):3);

niv_serv_or_fx(card,3) := pesq_niv_serv(dem_grupo_fx(card,3));
gotoxy(64,22);write(niv_serv_or_fx(card,3))

end;

soma_d_v := 0;
for ite = 1 to 3 do
soma_d_v := soma_d_v + (dem_grupo_fx(card,ite) * fluxo_ajust(card,ite));

soma_v := 0;
for ite = 1 to 3 do
soma_v := soma_v + (fluxo_ajust(card,ite)

```





```

flux_aju      : array[1..4,1..3] of real;
flux_faixa   : array[1..4,1..3] of real;
veic_pavado  : array[1..4,1..3] of real;
onibus       : array[1..4,1..3] of real;
fle          : array[1..4,1..3] of real;
estacio      : array[1..4,1..2] of char;
bancas       : array[1..4,1..2] of real;
no_manobras  : array[1..4,1..2] of real;
tempo_min    : array[1..4,1..2] of real;
propo_faixa  : array[1..4,1..2] of char;
mov_faixa    : array[1..4,1..2] of char;
propora_conv : array[1..4,1..4] of real;
no_faixa     : array[1..4] of integer;
flav        : array[1..4] of char;
parad_amb    : array[1..4] of char;
greide       : array[1..4] of real;
pedestres    : array[1..4] of real;
flav_cicada  : array[1..4] of real;
leste_flux   : array[1..3,1..3] of real;
norte_flux   : array[1..3,1..3] of real;
norte_flux   : array[1..3,1..3] of real;
sul_flux     : array[1..3,1..3] of real;
sup, no, su, SE, NE, SW, NW : integer;
PT, pf, PE, te, TE : integer;
taxa_fluxo_vr : array[1..4,1..3] of real;
taxa_verde_vr : array[1..4,1..3] of real;
taxa_grupo_faixa : array[1..4,1..3] of real;
taxa_vr      : array[1..4,1..3] of real;
propora_faixa : array[1..4,1..3] of char;
v_s(v)      : real;
tempo_perd_v : integer;
Xc          : real;
dem_d1     : array[1..4,1..3] of integer;
dem_d2     : array[1..4,1..3] of integer;
taxa_servo : array[1..4,1..3] of real;
dem_grupo_v : array[1..4,1..3] of integer;
niv_servo_grupo : array[1..4,1..3] of char;
dem_grupo_v : array[1..4] of integer;
niv_servo_grupo : array[1..4] of char;
dem_grupo_v : integer;
niv_servo_grupo : char;

```

```

P : /

```

```

diagrama : diag;
g        : integer;
gr       : integer;
traq    : char;

```

```

end;

```

```

region : title of region;

```

```

var pform : region;
region : region;

```



```

for j := 1 to 10 do
  regform_grupo_faixas[i,j] := grupo_faixas[i,j];

for j:= 1 to 12 do
  regform_nov_faixas[i,j] := nov_faixas[i,j];

for j := 1 to 4 do
  regform_grupo_conv[i,j] := grupo_conv[i,j];

regform_no_faixas[i] := no_faixas[i];
regform_faixas[i] := faixas[i];
regform_param_anib[i] := param_anib[i];
regform_grupo_ide[i] := grupo_ide[i];
regform_pedestre[i] := pedestres[i];
regform_tipo_chegada[i] := tipo_chegada[i];
end;

( gravacao de variaveis e tabelas )
( do modulo de ajuste de saturacao )

for i:= 1 to 3 do
  for j:= 1 to 9 do
    begin
      regform_Leste_flux[i,j] := Leste_flux[i,j];
      regform_Oeste_flux[i,j] := Oeste_flux[i,j];
      regform_Norte_flux[i,j] := Norte_flux[i,j];
      regform_Sul_flux[i,j] := Sul_flux[i,j];
    end;

regform_Sop := Sop;
regform_No := No;
regform_gu := gu;
regform_FC := FC;
regform_EC := EC;
regform_gg := gg;
regform_PI := PI;
regform_gF := gF;
regform_EC := EC;
regform_fa := fa;
regform_HCF := HCF;

( gravacao de variaveis e tabelas )
( do modulo de analise de capacidade )

regform_v_s_total := v_s_total;
regform_tempo_perd_L := tempo_perd_L;
regform_No := No;
for i:= 1 to 4 do
  for j:= 1 to 3 do
    begin
      regform_taxa_fluxo_v_cfi[i,j] := taxa_fluxo_v_cfi[i,j];
      regform_taxa_venda_g_Cfi[j] := taxa_venda_g_Cfi[j];
      regform_capac_grupo_faixas[i,j] := capac_grupo_faixas[i,j];
      regform_taxa_v_cfi[i,j] := taxa_v_cfi[i,j];
    end;
  end;
end;

```

```

realform_grupo_criticos(i,j) := grupo_fx_criticos.F(i,j)
end;

```

```

( ) grupo de matrizes e tabelas )
( do modulo de nivel de servico )

```

```

realform_dem_int := dem_int;
realform_niv_serv_int := niv_serv_int;
for i := 1 to 4 do
begin
  realform_dem_aprox(i) := dem_aprox.F(i);
  realform_niv_serv_aprox(i) := niv_serv_aprox.F(i);
  for j := 1 to 3 do
  begin
    realform_dem_dcei(i,j) := dem_dcei.F(i,j);
    realform_niv_serv_dcei(i,j) := niv_serv_dcei.F(i,j);
    realform_fator_prof(i,j) := fator_prof.F(i,j);
  end;
end;

```

```

*****

```

```

*****
*
* Grupo: Itz.                la metodo
*   analitico de documentos sem. foritadas
*   do ICA-05
*
*
* Em: 1998/91
*

```

```

*
*****

unit leform;
interface
vars c,l,entrada,ajustvol,ajusteat,suplementar,capacida,nivserv,gravform;

procedure le_form(nome_arq:string);

implementation

procedure le_form(nome_arq:string);
begin
  assign(pform,nome_arq);
  reset(pform);
  if not (iorresult < 0) then
    begin
      gotoxy(0,24)write('erro de leitura (ara. ',nome_arq,')');
      end;

  ( leitura de um bloco dos dados de entrada e ajuste volume )

  regform.tipo_registro := 1;
  reset(regform);

  ano1 := regform.ano1;
  periodo := regform.periodo;
  nomevia1_0 := regform.nomevia1_0;
  intersecao := regform.intersecao;
  no_projetos := regform.no_projetos;
  local := regform.local;
  data := regform.data;
  nomevia1_5 := regform.nomevia1_5;
  tipo_arca := regform.tipo_arca;
  ciclo := regform.ciclo;

  for i := 1 to 4 do
  begin
    for j := 1 to 3 do
      begin
        volume[i,j] := regform.volume[i,j];
        taxa_fluxo[i,j] := regform.taxa_fluxo[i,j];
        faixas_grupo_faixa[i,j] := regform.faixas_grupo_faixa[i,j];
        num_faixa_grupo[i,j] := regform.num_faixa_grupo[i,j];
        fator_util[i,j] := regform.fator_util[i,j];
        fluxo_ajust[i,j] := regform.fluxo_ajust[i,j];
        larg_faixa[i,j] := regform.larg_faixa[i,j];
        veic_pecado[i,j] := regform.veic_pecado[i,j];
        colbus[i,j] := regform.colbus[i,j];
        tip[i,j] := regform.tip[i,j];
      end;
    end;

    for j := 1 to 2 do

```

```

begin
  estacio(i,j) := regform.estacio(i,j);
  baixas(i,j) := regform.baixas(i,j);
  no_baixas (i,j) := j - fun.no_baixas (i,j);
  tempo_min (i,j) := regform.tempo_min (i,j);
end;

for j := 1 to 10 do
  grupo_faixa(i,j) := regform.grupo_faixa(i,j);

  no_j := 1 to 12 do
    mov_faixas(i,j) := regform.mov_faixas(i,j);

  for j := 1 to 4 do
    prepara_conv(i,j) := regform.prepara_conv(i,j);

  no_faixas(i) := regform.no_faixas(i);
  ilhas(i) := regform.ilhas(i);
  pared_omb(i) := regform.pared_omb(i);
  gride(i) := regform.gride(i);
  pedestres (i) := regform.pedestres (i);
  tipo_chegada (i) := regform.tipo_chegada (i);
end;

      ( leitura de matrizes e tabelas )
      ( de modulo de ajuste de rotacoes )

for i:= 1 to 3 do
  for j:= 1 to 9 do
    begin
      Deste_flux (i,j) := regform.Deste_flux (i,j);
      Oeste_flux (i,j) := regform.Oeste_flux (i,j);
      Norte_flux (i,j) := regform.Norte_flux (i,j);
      Sul_flux (i,j) := regform.Sul_flux (i,j);
    end;

  Sop := regform.Sop;
  Yo := regform.Yo;
  qn := regform.qn;
  CE := regform.CE;
  PE := regform.PE;
  qe := regform.qe;
  PT := regform.PT;
  pf := regform.pf;
  MC := regform.MC;
  fu := regform.fu;
  MC := regform.MC;

      ( leitura de matrizes e tabelas )
      ( de modulo de analise de capacidade )

  reg_form := regform.reg_form;
  tempo_pard_L := regform.tempo_pard_L;

```

```

N := regform.N;
for i := 1 to N do
  for j := 1 to 3 do
    begin
      taxa_flores_v[0][j] := regform.taxa_flores_v[i][j];
      taxa_verdes_v[0][j] := regform.taxa_verdes_v[i][j];
      espec_grupo_fx[0][j] := regform.espec_grupo_fx[i][j];
      tax_v[0][j] := regform.tax_v[i][j];
      grupos_fx_criticos[i][j] := regform.grupos_fx_criticos[i][j];
    end;

    { leitura de estrinças e tabelas }
    { do módulo de nível de serviço }

    dem_int := regform.dem_int;
    niv_serv_int := regform.niv_serv_int;
    for j := 1 to 3 do
      begin
        dem_xprov[i] := regform.dem_xprov[i];
        niv_serv_xprov[i] := regform.niv_serv_xprov[i];
        for j := 1 to 3 do
          begin
            dem_d[i][j] := regform.dem_d[i][j];
            dem_d2[i][j] := regform.dem_d2[i][j];
            taxa_grupo_fx[i][j] := regform.taxa_grupo_fx[i][j];
            dem_grupo_fx[i][j] := regform.dem_grupo_fx[i][j];
            niv_serv_grupo_fx[i][j] := regform.niv_serv_grupo_fx[i][j];
          end
        end;
      end;

    { leitura do faceamento }

    regform.nivel_sistema := 2;

    cabP := nil;
    while (not eof(pform)) do
      begin
        read(pform, regform);
        diagrama := regform.diagrama;
        g := regform.g;
        gr := regform.gr;
        fixat := regform.fixat;
        amplhe_base(diagrama, g, gr, fixat);
      end;

    close(pform);
  end;

begin
end.

```



APÊNDICE IX

MANUAL DO USUÁRIO DO SOFTWARE ACS

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ÁREA : GEOTECNIA/TRANSPORTES  
SUB-ÁREA : TRANSPORTES  
TESE : ANÁLISE CRÍTICA DE CRUZAMENTOS  
SEMAFORIZADOS EM ÁREA URBANA-  
BASEADA NO HCM-85  
MESTRANDA : MAISA SALES COSTA

MANUAL DO USUÁRIO DO SOFTWARE ACS (ANALISA  
DOR DE CRUZAMENTOS SEMAFORIZADOS).

MANUAL DO USUÁRIO DO SOFTWARE ACS  
(ANALISADOR DE CRUZAMENTOS  
SEMAFORIZADOS).

AUTORA

MAISA SALES COSTA

CAMPINA GRANDE

JANEIRO 1991

## APRESENTAÇÃO

Este manual tem o objetivo de informar a possíveis usuários o que fazer para usar o software ACS (Analisador de Cruzamentos Semaforizados). O manual tem uma descrição detalhada de como editar, gravar, recuperar e imprimir formulários e de como iniciar e terminar os trabalhos com o software.

## Í N D I C E

	Página
1. Apresentação do ACS	554
2. Início dos Trabalhos	555
3. Edição de Formulários	556
4. Gravação de Formulários	557
5. Recuperação de Formulários	558
6. Impressão de Formulários	558
7. Término dos Trabalhos	560

## 1. APRESENTAÇÃO DO ACS

O ACS é um software analisador de cruzamentos semaforizados, desenvolvido na linguagem PASCAL num computador padrão IBM-PC XT. Ele segue completamente toda a metodologia de análise crítica de interseções sinalizadas recomendada pelo HCM-85. Portanto, é dividido em partes ou módulos correspondentes ao módulo dos dados de entrada, ajustamento de volume, ajustamento da taxa de fluxo de saturação, análise de capacidade e nível de serviço. Sendo constituídas as suas partes de formulários respectivos aos módulos do HCM-85.

O procedimento de análise, portanto, consistirá no preenchimento desses formulários que correspondem a atividade de edição de formulários.

## 2. INÍCIO DOS TRABALHOS

Ligue seu IBM-PC e seu monitor e coloque seu disco DOS no acionador A. Caso tenha um sistema com disco rígido, provavelmente terá o DOS no disco rígido. Neste caso, basta iniciar o sistema. Um sistema padrão vai pedir-lhe a data e hora, que devem ser dados de maneira correta para que os tenha corretos em suas análises. Caso não lhe seja solicitado introduzir data e horário, a razão talvez seja porque o sistema já tenha um relógio interno e um arquivo AUTOEXEC BAT. Quando um destes arquivos está no disco de inicialização, o sistema executa automaticamente os comandos do arquivo.

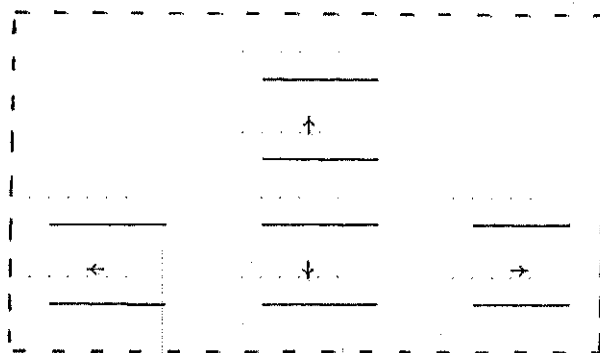
Com a inicialização do DOS colocar o disco que contém o software ACS, que poderá ser o próprio disco DOS caso haja espaço para tanto. Sendo o disco acionado digitar o nome ACS para entrar no programa. Se for utilizado o Winchester digitar seguidamente:

```
-----  
C:  > cd maisa  
C:  MAISA>cd hcm-85  
C:  MAISA HCM-85>ACS  
-----
```

assim o programa será acionado e aparecerá na tela o menu para a escolha do tipo de atividade a ser executada:editar, recuperar, gravar, imprimir ou sair do sistema.

Para escolher a atividade utilizar as teclas de se

tas do teclado:



e quando escolhida a atividade pressionar a tecla ENTER.

### 3. EDIÇÃO DE FORMULÁRIOS

Se a escolha for edição de formulários aparecerá na tela outro menu que compreenderá ao nome dos módulos a serem editados: formulário Dados Entrada, Ajustamento de Volume, Ajuste Fluxo Saturação, Análise de Capacidade, Análise Nível Serviço e Termina Edição Formulários.

Quando o módulo for escolhido através da utilização da tecla ENTER e das teclas de setas, aparecerá na tela o formulário do módulo para ser preenchido. Na edição de cada formulário poderão ser utilizadas, além das teclas numéricas e de letras, as teclas de setas já mostradas no item anterior, para que se possa caminhar em todas as direções, e a tecla ENTER. Tudo dependerá do que deverá ser editado.

Sempre após a edição de cada formulário retorna-se ao menu da edição de formulários para que três possibilidades existem:



1. Passar para a edição de outro módulo;
2. Sair da edição para gravar o formulário editado; e
3. Sair do sistema, ou seja, terminar os trabalhos.

Na edição de outro módulo todo o procedimento já citado anteriormente se repetirá.

#### 4. GRAVAÇÃO DE FORMULÁRIOS

Se após a edição de um ou de todos os formulários de seja-se gravá-los, escolhe-se no menu da edição, utilizando as teclas de setas, a opção "termina Edição de Formulários" pressionando a tecla ENTER, e passando assim para o menu do programa principal do ACS, onde através da mesma tecla de setas seguidas da tecla ENTER aciona-se a "Gravação de formulários"

Quando acionada a gravação de formulários aparecerá a seguinte janela:

[ - - - - - ]  
[ Arquivo: ]  
[ - - - - - ]

solicitando que se forneça um nome para arquivo que contém o formulário editado para que o mesmo seja gravado. O nome do arquivo poderá ter até 8 caracteres e 3 caracteres para a extensão que especifica o tipo de programa.

Exemplo:

[ - - - - - ]  
[ Arquivo: Entrada, PAS ]  
[ - - - - - ]

significa um arquivo com o nome de entrada escrito em Pascal.

#### 5. RECUPERAÇÃO DE FORMULÁRIOS

Se após a edição e gravação de um ou mais formulários deseja-se recuperá-los, escolhe-se no menu da edição, utilizando as teclas de setas, a opção "Termina Edição de Formulários" pressionando-se a tecla ENTER, e passando assim para o menu do programa principal do ACS, onde através das mesmas teclas de setas seguidas da tecla ENTER aciona-se a "Recuperação de formulários".

Quando acionada a recuperação de formulários aparecerá a mesma janela apresentada no item anterior, solicitando o nome do arquivo no qual está gravado o cenário já estudado, para que o mesmo possa ser recuperado. o cenário aparecerá logo em seguida.

#### 6. IMPRESSÃO DE FORMULÁRIOS

Após a edição e gravação de um ou mais formulários há a possibilidade de se imprimir o cenário estudado. Para tanto escolhe-se no menu da edição, utilizando as teclas de setas, a opção "Termina na Edição de Formulários" pressionando-se a tecla ENTER, e passando assim para o menu do programa principal do ACS, onde através das mesmas teclas de setas seguidas da tecla ENTER aciona-se a "Impressão de Formulários".



mando:

```
Copy - - - - - . - - - - prn
```

Exemplo:

```
Copy ENTRADA .UTS prn
```

Posiciona-se a impressora e pressiona-se a tecla ENTER e o arquivo será em seguida impresso.

## 7. TÉRMINO DOS TRABALHOS

Para terminar os trabalhos se estiver na edição de formulários, sair do seu menu através do comando "Término de Edição de Formulários", e depois sair do menu do programa principal através do comando "Saída do Sistema". Desligar o computador em seguida caso esteja trabalhando com Winchester, porém se estiver trabalhando com disco, retirar o disco primeiro e depois desligar o computador.

## APÊNDICE X

ESTUDO DE CASO DA INTERSEÇÃO AV. NORTE/AV. CRUZ  
CABUGÁ - RESULTADOS DA ANÁLISE UTILIZANDO O  
SOFTWARE

Figura 1 - Módulo dos dados de entrada (1ª, 2ª e 3ª partes) com entrada de dados para a aproximação.

Intersecao:	Av. Cruz Cabuga/ Av. Norte		Data:	28/11/89
Analista:	Maisa sales Costa	Per.Tempo:	7-8 a.m	Tipo Area: [2]
No.Projeto:	2 Cidade/Estado:		Recife-PE	[1] CBD [2] Outras

DADOS VOLUMETRICOS		total
E GEOMETRICOS		[ 824]
volumes:		[243] [581] [ 0]
nome via N/S:		[ Av. Norte]
		nf[4]

NORTE	volumes	volumes
	total [ 65]	[ 98] total
	[ 391] [ 24] nf[2]	nf[4] [1587] [ 2356]
	[ 0]	[ 67]

Identifique os	[Av. Cruz Cabuga]
volumes no diagrama	nf[2]
e numero de faixas(nf)	volumes: [ 0] [233] [ 0]
	total: [ 233]

Formulario de Entrada(Parte 2): DADOS VOLUMETRICOS E GEOMETRICOS

Aprox.	Largura das faixas	Estacionamento S/N	Bainhas de armazenamento E/D*	S/N	Compr.(m)	Paradas Ilhas (S/N)	Paradas Onibus (S/N)	Movimentos das faixas
LESTE	3.30 3.40 0.00	N		N	0.00	N	S	...
OESTE	3.30 3.30 0.00	N		N	0.00	N	S	...
NORTE	0.00 3.60 0.00	N		N	0.00	N	S	...
SUL	0.00 3.70 3.70	N		N	0.00	S	S	...

Formulario de Entrada (Parte 3) : CONDICÕES DE TRAFEGO E DA VIA

Aprox.	Grzidel %	XVP	Estacionamento Sim/Nao	Nm	Onibus (NB)	HP	Pedest. lp/hora	Botao Pedest. S/N	Temp.min.	Tipo de Chegada
LESTE	0.01	0.01	N	0	89	0.901	200	N	17.5	3
OESTE	0.01	2.61	N	0	151	0.901	200	N	16.7	3
NORTE	0.01	3.01	N	0	25	0.901	200	N	15.1	3
SUL	0.01	18.0	N	0	45	0.901	200	N	15.4	3

Nivel: + ... para cima; - ... para baixo; VP: Veiculo Pesado (mais de 4 rodas)  
Nm: No. de manobras de estacionamento; NB: Paradas de onibus no local, por hora  
HP: Fator de Hora de Pico; Temp.min.: tempo minimo de travessia (segundos)

Figura 2 - Módulo dos dados de entrada (4.<sup>a</sup> parte) com entrada de dados para a aproximação.

Formulario de Entrada (Parte 4) : DADOS DE FASEAMENTO

IF A S E A M E N T O		Simbologia do Faseamento:
	faixas                      faixas	
D	aprox. sul                      aprox. oeste	
I	[ < <   > > ] [ . . . . . ]	
A		
G		converg. protegida ..... >
R		converg. tolerada ..... >
A	faixas                      faixas	pedestres ..... -
M	aprox. leste                      aprox. norte	
A	[ . . . . . ] [ > > . . . ]	
	G = verde; Y = amarelo ; R = vermelho	
TEMPO		
	G = 23	
	Y + R = 60	
	FIXO OU ATUALIZADO ( [ F ] ou [ A ] )        [ F ]	
IF A S E A M E N T O		Simbologia do Faseamento:
	faixas                      faixas	
D	aprox. sul                      aprox. oeste	
I	[ . . . . . ] [ < >   > > ]	
A		
G		converg. protegida ..... >
R		converg. tolerada ..... >
A	faixas                      faixas	pedestres ..... -
M	aprox. leste                      aprox. norte	
A	[ > > . . . . . ] [ . . . . . ]	
	G = verde; Y = amarelo ; R = vermelho	
TEMPO		
	G = 54	
	Y + R = 29	
	FIXO OU ATUALIZADO ( [ F ] ou [ A ] )        [ F ]	
Comprimento do ciclo (C):    83 segundos		

Figura 3 - Módulo de ajustamento de volume com entrada de dados para a aproximação.

Formulario de Ajustamento de Volume

A	P	r	o	x	Volume por Hora (vph)	Fator (FHP)	Taxa (vph)	Grupo (GF)	Taxa (vph)	Fator (Número Utilizado)	Fluxo (vph)	Proporção (Conv. Dir. Esq.)
					65	0.90	72	A	72	1	1.00	1.00
					0	0.90	0	.	0	0	0.00	0.00
					671	0.90	746	.	746	1	1.00	1.00
					0	0.90	0	.	0	0	0.00	0.00
					1587	0.90	1763	AAA	1872	3	1.10	0.06
					98	0.90	109	.	0	0	0.00	0.00
					0	0.90	0	.	0	0	0.00	0.00
					233	0.90	259	AA	259	2	1.05	0.00
					0	0.90	0	.	0	0	0.00	0.00
					581	0.90	646	77	646	2	1.05	0.00
					243	0.90	270	AA	270	2	1.05	1.00



Figura 4 - Módulo de ajustamento da taxa de fluxo de saturação com entrada de dados para a aproximação.

Formulário de Ajustamento do Fluxo de Saturação

A	Movim. Grupo	Fluxo Sat. de	No. de	Fatores de Ajustamento								Taxa Fluxo Ajustado
				1	2	3	4	5	6	7	8	
	A		1	0.93	1.00	1.00	1.00	0.48	1.00	1.00	0.95	1265
		1800	1	0.97	1.00	1.00	1.00	0.48	1.00	1.00	1.00	040
			0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
			1	0.93	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.83	1363
		1800	3	0.93	0.98	1.00	1.00	0.71	1.00	0.99	1.00	3446
			0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
			0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
		1800	2	0.97	0.98	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	3217
			0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
			0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
		1800	2	1.00	0.96	1.00	1.00	0.81	1.00	1.00	1.00	2801
				1.00	0.96	1.00	1.00	0.81	1.00	0.75	1.00	2101

Formulário Suplementar para FCT

A	Sop	Yo	gu	IE	PE	gr	PT	gF	EC	fm	ICE
LESTE	0	0.0001	0.0	0.6001	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IOESTE	1800	0.0151	50.6	0.8501	1.00	0.4	0.00	0.00	1.31	0.00	0.00
INORTE	0	0.0001	0.0	0.0001	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ISUL	0	0.0001	0.0	0.0001	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 5 - Módulo de análise de capacidade com entrada de dados para a aproximação.

## Formulário de Análise de Capacidade

Ápex	Movimento	Taxa Fluxo Ajustada (vph)	Taxa Fluxo Saturac. Ajustada (vphv)	Taxa de Fluxo v/s	Taxa de Verde g/C	Capacidade do grupo de faixas (vph)	Taxa v/c	Grupos de Faixas Críticos
	▲	72	765	0.094	0.651	497	0.14	*
L								
E	▼							
S		27	840	0.032	0.651	546	0.05	
T								
E		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	▲	746	765	0.547	0.651	887	0.84	
O	▲▲▲							
E		2059	840	0.598	0.651	2242	0.92	*
S								
T		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
E		0	765	0.000	0.000	0	0.00	
N								
O								
R	▲▲	272	840	0.085	0.277	891	0.31	
T								
E		0	0	0.000	0.000	0	0.00	
		0	765	0.000	0.000	0	0.00	
S								
U								
L	▼▼	678	840	0.242	0.277	776	0.87	*
	▲▲	283	0	0.195	0.277	582	0.49	

Comprimento do ciclo, (C) 83 seg.  
Tempo perdido por ciclo, (L) 6 seg.

Somatório de v/s = 0.93  
Xc = 1.01

Figura 6 - Módulo de nível de serviço dom entrada de dados para a aproximação.

Formulario de Nivel de Servicio

A p r o x	Movimto Grupo Faixas	DEMORA DO 1o. TERMO					DEMORA DO 2o. TERMO					IDEN.TOT.x NIV.SERV	
		Taxa v/c	Taxa verde g/c	Comp. C (seg)	Demor d (seg/veic)	Capac. gru (vph)	Dem. d (s/vei)	Fator progr FP (s/v)	Dem. gru (s/v)	Nivel Serv. (seg/veic)	Nivel Aprox. (seg/veic)		
	▲	0.14	0.651	83	4	497	0	1.00	4	A			
L													
E	▲												
S		0.05	0.651	83	4	546	0	1.00	4	A	4	A	
T													
E													
		0.00	0.000	83	0	0	0	0.00	0				
	▲	0.84	0.651	83	9	887	5	1.00	14	B			
D													
E	▲▲												
S		0.92	0.651	83	10	2242	5	0.85	13	B	13	B	
T													
E													
		0.00	0.000	83	0	0	0	0.00	0				
		0.00	0.000	83	0	0	0	0.00	0				
N													
O													
R	▲▲	0.31	0.277	83	18	891	0	1.00	18	C	18	C	
T													
E													
		0.00	0.000	83	0	0	0	0.00	0				
		0.00	0.000	83	0	0	0	0.00	0				
S													
U													
L	▼▼	0.87	0.277	83	122	1776	8	0.85	25	C	24	C	
	▲▲	0.49	0.277	83	119	1582	11	1.00	20	C			

Demora da intersecao 16 seg/veic.

Nivel de servico da intersecao C

Figura 7 - Módulo dos dados de entrada (1ª, 2ª e 3ª partes) com entrada de dados individuais para os ajustes.

Intersecao: Av. Cruz Cabuga/ Av. Norte Data: 28/11/89  
 Analista: Maisa sales Costa Per. Tempo: 7-8 a.m Tipo Area: [2]  
 No. Projeto: 2 Cidade/Estado: Recife-PE [1] CBD  
 [2] Outras

DADOS VOLUMETRICOS E GEOMETRICOS

total [ 824 ]  
 volumes: [243] [581] [ 0 ]  
 nome via N/S: [ Av. Norte ]  
 nf [4]

total [ 65 ]  
 [ 89 ] [ 24 ] nf [2]  
 [ 0 ]

volumes [ 98 ] total [ 2356 ]  
 nf [4] [1587] [ 671 ]

nome via L/O [Av. Cruz Cabuga]

Identifique os volumes no diagrama e numero de faixas(nf) volumes: [ 0 ] [233] [ 0 ]  
 total: [ 233 ]

Formulario de Entrada (Parte 2): DADOS VOLUMETRICOS E GEOMETRICOS

Aprox.	Largura das faixas	Estacionamento S/N	Bainhas de armazenamento E/D*	S/N	Compr.(m)	Paradas Ilhas Onibus (S/N)	Paradas Onibus (S/N)	Movimentos das faixas
LESTE	3.30 3.40 0.00	N	N	N	0.00	N	S	...
OESTE	3.30 3.30 0.00	N	N	N	0.00	N	S	...
NORTE	0.00 3.60 0.00	N	N	N	0.00	N	S	...
SUL	0.00 13.70 3.70	N	N	N	0.00	S	S	...

Formulario de Entrada (Parte 3) : CONDICÕES DE TRAFEGO E DA VIA

Aprox.	Greide %	XVP	Estacionamento Sim/Naol	Nm	Onibus (NB)	FHP	Pedest. lp/hora	Botao Pedest. S/N	Temp.min.	Tipo de chegada
LESTE	0.01	0.01	N	0	65	0.90	200	N	17.5	3
OESTE	0.01	6.01	N	0	151	0.90	200	N	16.7	3
NORTE	0.01	3.01	N	0	25	0.90	200	N	15.1	3
SUL	0.01	13.01	N	0	5	0.90	200	N	15.4	3

Nivel: + ... para cima; - ... para baixo; VP: Veiculo Pesado (mais de 4 eixos)  
 Nm: No. de manobras de estacionamento; PB: Paradas de onibus no local, por hora  
 FHP: Fator de Hora de Pico; Tmp.min.: Tempo minimo de travessia (segundos)

Figura 8 - Módulo dos dados de entrada (4ª parte) com entrada dos dados individuais para os grupos de faixas.

Formulario de Entrada (Parte 4) : DADOS DE FASEAMENTO

F A S E A M E N T O		Simbologia do Faseamento:
	faixas                      faixas	
D	aprox. sul                      aprox. oeste	codigo
I	[ < <   > > > ] [ < < < < > > > ]	
A		converg. protegida ..... >
G		converg. tolerada ..... >
R		pedestres ..... -
A	faixas                      faixas	
M	aprox. leste                      aprox. norte	
A	[ < < < < > > > ] [ < < < < > > > ]	
	G = verde; Y = amarelo ; R = vermelho	
TEMPO		
	G = 54	
	Y + R = 29	
	FIXO OU ATUALIZADO (EF) ou (AJ)        (EF)	
F A S E A M E N T O		Simbologia do Faseamento:
	faixas                      faixas	
D	aprox. sul                      aprox. oeste	codigo
I	[ < < < < > > > ] [ < < < < > > > ]	
A		converg. protegida ..... >
G		converg. tolerada ..... >
R		pedestres ..... -
A	faixas                      faixas	
M	aprox. leste                      aprox. norte	
A	[ < < < < > > > ] [ < < < < > > > ]	
	G = verde; Y = amarelo ; R = vermelho	
TEMPO		
	G = 23	
	Y + R = 60	
	FIXO OU ATUALIZADO (EF) ou (AJ)        (EF)	
Comprimento do ciclo (C):    83 segundos		

Figura 9 - Módulo de ajustamento de volume com entrada de dados individuais para os grupos de faixas.

## Formulario de Ajustamento de Volume

Ápex	Volume Movim.	Fator por Hora (vph)	Taxa Fluxo (FHP)	Taxa Grupo (GF)	Taxa Fluxo (vph)	Numero de Faixas (N)	Fator Utilizacao (U)	Fluxo Ajustado (vph)	Proporcao Conv. Dir. Esquerda e PCD	
L	65	0.90	72	▲	72	1	1.00	72	1.00	
E									0.00 PCE	
S	24	0.90	27		27	1	1.00	27		
T									0.00 PCD	
E										
	Conv. Dir.	0	0.90	0	0	0	0.00	0	0.00	
O	671	0.90	746	▲	746	1	1.00	746	1.00	
E				▲▲▲					0.00 PCE	
S	1587	0.90	1768		1872	3	1.10	2059		
T									0.06 PCD	
E										
	Conv. Dir.	98	0.90	109	0	0	0.00	0	0.00	
N	0	0.90	0		0	0	0.00	0	0.00	
O									0.00 PCE	
R	233	0.90	259	▼▼	259	2	1.05	272		
T									0.00 PCD	
E										
	Conv. Dir.	0	0.90	0	0	0	0.00	0	0.00	
S	0	0.90	0		0	0	0.00	0	0.00	
U									0.00 PCE	
L	581	0.90	646	▼▼	646	2	1.05	678		
T									0.00 PCD	
E										
	Conv. Dir.	243	0.90	270	◀◀	270	2	1.05	283	1.00



Figura 11 - Módulo de análise de capacidade com entrada de dados individuais para os grupos de faixas.

## Formulário de Análise de Capacidade

Alinhamento	Taxa de Fluxo Ajustada (vph)	Taxa de Fluxo Saturada (vphv)	Taxa de Fluxo v/s	Taxa de Fluxo Verde g/C	Capacidade do grupo de faixas (vph)	Taxa v/c	Grupos de Faixas Críticos
A	72	987	0.073	0.651	642	.11	*
L							
E							
S	27	1536	0.018	0.651	1000	0.03	
T							
E							
	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	746	987	0.553	0.651	877	0.85	
O							
E							
S	2059	1536	0.591	0.651	2265	0.91	*
T							
E							
	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	0	987	0.000	0.000	0	0.00	
N							
O							
R	272	1536	0.085	0.277	891	0.31	
T							
E							
	0	0	0.000	0.000	0	0.00	
	0	987	0.000	0.000	0	0.00	
S							
U							
L	678	1536	0.196	0.277	958	0.71	*
	703	0	0.137	0.277	574	0.49	

Comprimento do ciclo, (C) 83 seg.  
 Tempo perdido por ciclo, (L) 6 seg.

Somatório de v/s = 0.86  
 Xc = 0.70



Figura 12 - Módulo de nível de serviço com entrada de dados individuais para os grupos de faixas.

Formulario de Nivel de Servicio

A	Grupos	Taxa v/c	Taxa verde/ciclo	Comp. d1	Demor. grupo	Capac. d2	Dem. progr	Fator grupo	Demo. Serv.	Nivel Serv.	Demo. Serv.	Nivel Serv.
		g/C	C (seg/veic)	(seg/veic)	fx,c (vph)	(s/veic)	FP	faixa/grupo	(seg/veic)	faixa/grupo	(seg/veic)	
	▲	0.11	0.651	83	4	642	0	1.00	4	A		
	▲											
	▲	0.03	0.651	83	4	1000	0	1.00	4	A	4	A
	▲											
	▲	0.00	0.000	83	0	0	0	0.00	0			
	▲	0.65	0.651	83	9	877	6	1.00	15	B		
	▲▲											
	▲▲	0.91	0.651	83	9	2265	4	0.85	11	B	12	B
	▲▲											
	▲▲	0.00	0.000	83	0	0	0	0.00	0			
	▲▲	0.00	0.000	83	0	0	0	0.00	0			
	▲▲	0.01	0.277	83	10	891	0	1.00	10	C	10	C
	▲▲											
	▲▲	0.00	0.000	83	0	0	0	0.00	0			
	▲▲	0.00	0.000	83	0	0	0	0.00	0			
	▲▲	0.71	0.277	83	21	950	0	1.00	23	C	22	C
	▲▲											
	▲▲	0.49	0.277	83	19	924	1	1.00	20	C		

Demora da intersecao 15 seg/veic. Nivel de servicio da intersecao B