

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

METODOLOGIA DE DESENHO DE SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA.

Caso de estudo: Avaliação da Sinalização semafórica no cruzamento das avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular na Cidade de Maputo.



Sara Ernesto Macaringue

Supervisor: Prof. Doutor Eng^o José Francisco Rufino Diogo

Maputo, Junho de 2022

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

TÍTULO:

Metodologia de Desenho de Sinalização Rodoviária.

Estudo de caso: Avaliação da Sinalização semafórica no cruzamento das avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular na Cidade de Maputo.

Sara Ernesto Macaringue

Supervisor: Prof. Doutor Eng^o José Francisco Rufino Diogo

Maputo, Junho de 2022



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FAULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que a estudante _____

Entregou no dia ____/_____/2022 as _____ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: _____

Intitulado: _____

Maputo, aos ____ de _____ de 2022

O (A) Chefe da Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Sara Ernesto Macaringue, declaro por minha honra que o trabalho de licenciatura intitulado Metodologia de Desenho de Sinalização Rodoviária, avaliação da sinalização gráfica da avenida 25 de Setembro e da sinalização semafórica no cruzamento das avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular e na Cidade de Maputo, que apresento para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Civil, e o resultado da minha investigação pessoal e independente, orientado pelo supervisor Prof. Doutor Eng^o José Francisco Rufino Diogo. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e nas referências bibliográficas.

Maputo, Junho de 2022

A Autora

Sara Ernesto Macaringue

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, por ser ao mesmo tempo o vento que me impulsiona a navegar por novos mares, enfrentando desafios e o porto seguro onde posso-me albergar durante as tormentas.

Ao meu esposo (Daniel Armando Matavele), que sempre soube compreender em situações mais difíceis que trilhamos ao longo deste percurso académico.

Aos meus filhos (Helena, Armando e Daniela da Graça).

À minha família.

AGRADECIMENTOS

A finalização deste trabalho de licenciatura marca o final de uma etapa muito importante da minha vida, pois irei colocar em prática aquilo que com tanto gosto aprendi ao longo deste curso. Como tal, não poderia deixar de agradecer a todos aqueles que fizeram parte destes últimos anos, contribuindo de forma positiva e ajudando-me não só para aquilo em que me constituí enquanto futura profissional, mas também, enquanto pessoa.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais (***Mantongane***) falecido e Varieta Simião Nhanbomgo, pelo apoio, força, paciência, compreensão e amor incondicional que sempre demonstraram desde o meu primeiro dia de vida, demonstrando-me sempre o melhor exemplo que poderei seguir e estando sempre presentes nos bons e maus momentos.

Ao Professor Doutor Eng^o José Francisco Rufino Diogo, orientador do trabalho, pela exigência e motivação, pelo profissionalismo e conhecimento, pelo reforço positivo, bem como pelas correções e dicas ao longo da realização do mesmo. Espero continuar a realizar destes trabalhos de investigação consigo!

Ao Departamento de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane Universidade e a todo o corpo docente que me acompanhou, por me ter acolhido enquanto estudante, contribuindo para a aquisição de conhecimento e desenvolvimento de competências, tendo muito orgulho em fazer parte da comunidade deste Departamento.

Ao meu Colega de Carteira Horácio Manjante (Meu Padrinho), pela amizade, preocupação, apoio e carinho demonstrados, em especial nos momentos em que parece que “seria impossível”. Igualmente é extensivo a Arquitecta Helena Titos pelo apoio prestado.

Por último, mas muito importante e especial, ao meu esposo Daniel Armando Matavele por me ter apoiado e estado ao meu lado, por me ter incentivado e nunca deixado desistir, pelos concelhos, pela ajuda, pela força, pela paciência e por todo o carinho.

A todos vocês, o meu mais sincero, OBRIGADO!

RESUMO

Tema: Metodologia de Desenho de Sinalização Rodoviária.

Título: Estudo de caso: avaliação da sinalização gráfica da avenida 25 de Setembro e da sinalização semafórica no cruzamento das avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular na Cidade de Maputo.

Autora: Sara Ernesto Macaringue

Supervisor: Prof. Doutor ENG^o José Francisco Diogo

Nos últimos anos, a cidade de Maputo, têm demonstrado dificuldades na mobilidade de tráfego, principalmente nas horas de pico.

O cruzamento entre as avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular, na Baixa da Cidade de Maputo, apresenta elevado fluxo de veículos principalmente nas horas de pico. A avenida 25 de Setembro e a Av. Guerra Popular, sendo o ponto de convergência dos transportes públicos de passageiro, semi-colectivos e veículos automóveis particulares, provenientes dos Municípios da Matola, de Boane e de outros Bairros periféricos da Cidade de Maputo, onde a população procura *shoppings*, centros de serviços públicos e comércio, enfrenta grandes filas e congestionamento, no cruzamento entre as duas avenidas acima mencionadas o que reduz o fluxo de veículos de forma satisfatória, causando deste modo transtornos aos utentes do mesmo.

Devido a crescente volume do parque automóvel, além do Transporte Público de Passageiro, o cruzamento das avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular deixou de responder satisfatoriamente a regulação do tráfego através do dispositivo semafórico existente como principal regulador de trânsito e dos pedestres, passando a necessitar de auxílio de agentes reguladores de trânsito para melhorar a fluidez principalmente nas horas de pico.

Com vista a melhorar o problema de congestionamento de tráfego nas horas de ponta, no cruzamento das avenidas em referência, a candidata sendo estudante de engenharia entendeu o facto e decidiu por desenvolver um estudo para colmatar ou melhorar a fluidez do trânsito naquele ponto, que passa por efectuar análise da situação existente e produção de uma proposta adequada para solucionar o problema.

Palavras-chave: Sinalização Semafórica, Engenharia de Tráfego, Estudo de Tráfego, cruzamento.

ABSTRACT

Title: Road Signaling Design Methodology.

Case study: Evaluation of the graphic signage of Avenue 25 de Setembro and the traffic lights at the intersection of Avenue 25 de Setembro and Avenue Guerra Popular in the city of Maputo

Author: Sara Ernesto Macaringue

Supervisor: PROF. Doutor Eng^o José Francisco Rufino Diogo

In recent years, the city of Maputo has shown difficulties in traffic mobility, especially during peak hours.

The intersection between Avenue Guerra Popular and Avenue 25 de Setembro, in downtown Maputo, has a high flow of vehicles, especially during peak hours. Avenue 25 de Setembro and Av. Guerra Popular, being the point of convergence for Passenger Public Transport, Semi-Collective and Private Vehicles, coming from the Municipalities of Matola, Boane and other peripheral neighborhoods of Maputo City, where the population looks for shopping malls, public service centers and commerce, faces long queues and congestion at the intersection between the two aforementioned avenues, which in a way reduces the flow of vehicles in a satisfactory way, thus causing inconvenience to users of the same.

Due to the growing volume of the car park, in addition to Public Passenger Transport, the intersection of 25 de Setembro and Guerra Popular avenues no longer responds satisfactorily to traffic regulation, through the existing traffic light device as the main regulator of traffic and pedestrians, becoming need assistance from the Traffic Police to improve traffic regulation control, especially during peak hours.

In order to improve the problem of traffic congestion at peak times, at the intersection of the avenues in question, the candidate, being an engineering student, understood the fact and decided to develop a study to fill or improve the flow of traffic at that point, which passes for carrying out an analysis of the existing situation and producing an adequate proposal to solve the problem.

Keywords: Traffic Light Signaling, Traffic Engineering, Traffic Studies, intersection.

ÍNDICE

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2. PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICATIVA	3
1.4. OBJECTIVOS	4
1.4.1. <i>Objectivo geral</i>	4
1.4.2. <i>Objectivos específicos</i>	4
1.5. METODOLOGIA DE PESQUISA	4
1.6. CONSTRANGIMENTOS	5
1.7. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	5
CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICO	7
2.1. ORIGEM DOS SEMÁFOROS	7
2.1.1. <i>Semáforo</i>	7
2.1.2. <i>Engenharia de Tráfego</i>	8
2.1.3. <i>Volume de Tráfego ou Fluxo de Tráfego</i>	9
2.2. NÍVEL DE SERVIÇO	10
2.3. SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA EM MOÇAMBIQUE	12
2.3.1. <i>Sinalização de Vias Públicas</i>	12
2.3.2. <i>Princípios da Sinalização de Trânsito</i>	13
2.3.2. <i>Sinalização</i>	14
2.3.3. <i>Classificação dos Sinais de Trânsito</i>	14
2.4. SINALIZAÇÃO TEMPORÁRIA	14
2.5. SINALIZAÇÃO GRÁFICA HORIZONTAL	15
2.5.1. <i>Características das Marcas Longitudinais</i>	16
2.5.2. <i>Materiais utilizados</i>	17
2.5.3. <i>Classificação de Marcas Longitudinais</i>	18
2.6. SINALIZAÇÃO GRÁFICA VERTICAL	23
2.7. SINALIZAÇÃO LUMINOSA OU SEMAFÓRICA	27
2.7.1. <i>Classificação da Sinalização Luminosa ou Semafórica</i>	29
2.7.2. <i>Equipamentos Semafóricos</i>	29
2.7.2.1. <i>Grupo focal</i>	29
2.7.2.2. <i>Componentes do Grupo Semafórico</i>	29
2.8. CRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DA SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA	30
2.8.1. <i>Elementos de Programação Semafórico</i>	31
2.8.2. <i>Intersecções</i>	33
2.8.3. <i>Contagem de volumétricas</i>	34
2.8.4. <i>Volume de tráfego</i>	34
2.8.5. <i>Fluxo</i>	35
2.8.6. <i>Volume de Tráfego Equivalente</i>	35
2.8.7. <i>Fluxo de Saturação (FS)</i>	35
CAPÍTULO III - METODOLOGIA DE CÁLCULO DA CAPACIDADE VIÁRIA E AVALIAÇÃO DA SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA	37

3.1. ELEMENTOS DE PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICO	37
3.1.1. Capacidade de uma rodovia	37
3.1.2. Factor Horário de Pico ou de maior demanda	39
3.1.3. Fluxo Equivalente	39
3.1.4. Determinação do Fluxo horário (VP)	41
3.1.5. Determinação da Velocidade Média (S)	41
3.1.6. Determinação da Densidade e Nível de Serviço	41
3.2. PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA	42
3.2.1. Determinação de Fluxos de Veículos Equivalentes (qADE)	43
3.2.2. Intervalo de Mudança de Fase	43
3.2.3. Determinação do Tempo Perdido por Fase I1	44
3.2.4. Determinação do Tempo Perdido por Ciclo (L)	45
3.2.5. Máximas relações de fluxo actual (q), em relação ao fluxo de Saturação (S) por via para cada Fase.	45
3.2.6. Determinação do Tempo do Ciclo (C0)	45
3.2.7. Determinação do Tempo do Verde efectivo (gT)	46
3.2.8. Determinação do Tempo verde efectivo para cada fase (g1)	46
3.2.9. Determinação dos Tempos Reais (G1 , G2)	46
CAPÍTULO IV - CAPÍTULO IV- ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DA SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA NO CRUZAMENTO DAS AVENIDAS 25 DE SETEMBRO E GUERRA POPULAR NA CIDADE DE MAPUTO.	48
4.1. LOCALIZAÇÃO DO CRUZAMENTO DA AVENIDA 25 DE SETEMBRO E AVENIDA GUERRA POPULAR, NA CIDADE DE MAPUTO	48
4.1.1. Metodologia de Contagem de veículos no Cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular	50
4.1.2. Diagrama de Estágio ilustrativo no Cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.	50
4.1.3. Pressupostos do Cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.	51
4.1.3.1. Condições do Cruzamento	51
4.1.3.2. Volume de Tráfego no Cruzamento das Avenidas Guerra Popular e 25 de Setembro	52
4.2. DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DA VIA	52
4.2.1. Diagramas de Intervalos Luminosos no Cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular	60
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES:	62
5.1. CONCLUSÕES	62
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	63
BIBLIOGRAFIA	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

Índice de Tabela

Tabela 1: Princípios da sinalização de trânsito.....	13
Tabela 2: Dimensão de linhas viárias longitudinais segundo a velocidade.....	22
Tabela 3: Factor de equivalência para diferentes tipos de veículos.....	35
Tabela 4: Ajuste em função da largura das faixas flw	38
Tabela 5: Ajuste devido à desobstrução lateral (flc).....	38
Tabela 6: Ajuste devido à largura das faixas (fM).....	38
Tabela 7: Factores de equivalência para veículos pesados e veículos recreativos.	40
Tabela 8: Cálculo da velocidade média com base na FFS.....	41
Tabela 9: Determinação do Nível do Serviço.....	42
Tabela 10: Tempos semafóricos actuais.	52
Tabela 11: Volume total de tráfego por classes.....	52
Tabela 12: Volume de veículos correspondente ao horário de pico num intervalo de 1 hora de 15 em 15 minutos.....	53
Tabela 13: Percentagem da ocupação de via pelos veículos num intervalo de 1 hora.....	53
Tabela 14: Variação do volume de tráfego de 1 em 1 hora.	54
Tabela 15: Média horária de veículos para a determinação do factor de ajuste por efeito de veículos pesados.....	55
Tabela 16: Fluxos Equivalentes.	57
Tabela 17: Intervalo de mudança de fase.....	59
Tabela 18: Fluxo actual em relação ao fluxo saturado.....	59
Tabela 19: Intervalos luminosos calculados e actuais.....	60

Índice de Figuras

Figura 1: Níveis de Serviço.....	12
Figura 2: Sinalização Horizontal.....	16
Figura 3: Marcas Longitudinais.....	19
Figura 4: Marcas Transversais.....	20
Figura 5: Marcas Reguladoras de paragem e/ou estacionamento.....	21
Figura 6: Marcas Orientadoras de Sentido de Trânsito.....	22
Figura 7: Sinais de Perigo.....	24
Figura 8: Sinais de Proibição.....	25
Figura 9: Sinais de Obrigação.....	25
Figura 10: Sinais de Informação.....	26
Figura 11: Semáforo veicular.....	28
Figura 12: Semáforo para Pedestres.....	28
Figura 13: Componentes do Grupo Semaforico.....	30
Figura 14: Diagrama de estágios.....	32
Figura 15: Diagrama de Movimentos Conflituantes.....	34
Figura 16: Fluxo de saturação e tempos perdidos em estágio saturado.....	36
Figura 17: Campo de aplicação de troços extensos e tangentes específicos.....	40
Figura 18: Intervalo de Mudança de fases.....	44
Figura 19: Cruzamento da Av. 25 de Setembro e Av. Guerra Popular.....	49
Figura 20: Cruzamento da Av. 25 de Setembro e Av. Guerra Popular, Cidade de Maputo.....	49
Figura 21: Traçado geométrico da Av, 25 de Setembro.....	50
Figura 22: Diagrama de estágio dos movimentos dos veículos no cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.....	51
Figura 23: Distribuição de Fluxos críticos do cruzamento nas avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.....	58
Figura 24: Diagrama de intervalo luminoso para o tempo de ciclo 197 s calculado.....	60
Figura 25: Diagrama de intervalos Luminosos para o tempo de ciclo 92 _s actuais.....	61

Abreviaturas

ANE	Administração Nacional de Estrada
Av.	Avenida
AASHTO	<i>American Association Standard and Transportation Officials</i>
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DMTT	Direcção de Mobilidade, Transportes e Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Infraestruturas de Transporte
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
INAV	Instituto Nacional de Aviação
INATRO	Instituto Nacional de Transporte Rodoviário
FHP	Factor Horário de Pico
NS	Nível de Serviço
HCM	<i>Highway Capacity Manual</i>
RST	Regulamento dos Sinais de Trânsito
RTB	Regulamento dos Sinais de Trânsito
U.E.M.	Universidade Eduardo Mondlane
UPC	Unidade de carros de passeio
V	Velocidade
veic/h	Veículos por hora
vpd	Veículo por dia
vph	Veículo por hora
Km/h	Quilómetro por hora

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O crescente aumento do volume de parque automóvel no País, em particular na Cidade de Maputo aliado a não evolução da rede rodoviária adequada às características dos veículos e ao volume de tráfego, influenciaram para que a sinalização tivesse um papel importante quanto à segurança rodoviária.

De acordo com Neves (2006) *apud* GREGÓRIO (2011), os primeiros sinais de trânsito da era moderna surgiram nos finais do século XIX, acompanhando a evolução do sector automóvel. Inicialmente, o sistema de sinalização desenvolveu-se de um modo faseado, à medida que os problemas específicos eram identificados a cada momento.

O crescimento desordenado e sem planeamento das cidades, aliado à organização dos centros urbanos que priorizam os automóveis em detrimento do transporte público, torna, a cada ano, mais caótica e complicada a locomoção, tornando mais necessário e importante o aprofundamento nos estudos de Engenharia de Tráfego Pereira *et. al.* (2018).

De acordo com Vasconcelos (1982), uma das necessidades básicas da engenharia de tráfego é o conhecimento do volume e comportamento dos veículos nas vias e, para tanto, deve-se aprofundar os estudos de tráfego do local de objecto de estudo, com o objectivo de obter através de pesquisas de campo, dados relativos aos cinco elementos fundamentais do tráfego, que são:

- O Condutor
- O pedestre;
- O veículo;
- A via;
- O meio ambiente; e,
- A inter-relação entre eles.

De acordo com Neves (2006) *apud* Gregório (2011), os primeiros sinais de trânsito da era moderna surgiram nos finais do século XIX, acompanhando a evolução do sector

automóvel. Inicialmente, o sistema de sinalização desenvolveu-se de um modo faseado, à medida que os problemas específicos eram identificados a cada momento.

A sinalização semafórica constitui um sistema eléctrico ou electrónico com dispositivos luminosos, que são acionados alternativamente ou intermitentemente, responsáveis por controlar o tráfego e deslocamento, no qual alerta sobre o direito de passagem em vias com dois ou mais movimentos conflitantes ou informa sobre obstáculos/casos especiais na via, sendo classificada, respectivamente, como, sinalização semafórica de regulação e sinalização semafórica de advertência (Contran, 2014 –Volume V).

O presente trabalho, é intitulado Sinalização Rodoviária e o Estudo de Caso: Avaliação da Sinalização Gráfica da Av.25 de Setembro e da Sinalização Semafórica no Cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular na Cidade de Maputo.

O estudo procura analisar o problema de congestionamento e de longas filas de tráfego nas horas de ponta, que tem sido motivo de constrangimento dos automobilistas bem como dos transeuntes no cruzamento das referidas avenidas.

1.2. Problema

Nos últimos anos, a Cidade de Maputo em particular, tem registado um crescimento vertiginoso do parque automóvel e de condutores aliado ao crescimento da população urbana, este facto têm demonstrado dificuldades na mobilidade de tráfego, principalmente nas horas de pico, propiciando o aumento de número de acidentes de trânsito, bem como a criação de longas filas (Congestionamento), o que tem afectado negativamente no cumprimento de actividades laborais ao nível de instituições e serviços no geral e a violação das regras de trânsito por parte dos condutores.

Este crescimento nem sempre foi acompanhado por políticas de segurança rodoviária, visando elevar a qualidade cívica, moral e educacional dos condutores, passageiros, pedestres e do público em geral, bem como a descentralização de alguns serviços públicos para fora do centro da cidade para reduzir fluxo de viaturas no centro da cidade.

O cruzamento entre as avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular, na Baixa da Cidade de Maputo, apresenta um elevado fluxo de veículos principalmente nas horas de pico. Este cruzamento constitui o ponto de convergência de diversos tipos de veículos, nomeadamente:

- Transportes Públicos de Municipais;
- Semi-colectivos, e;
- Veículos automóveis particulares, provenientes dos Municípios da Matola, de Boane e de outros Bairros periféricos da Cidade de Maputo, enfrentando grandes filas e congestionamento de trânsito de veículos, o que reduz de certa forma o fluxo de veículos, causando deste modo transtornos aos usuários, sendo que a população enfrenta o problema derivado devido a procura por ela de *shoppings*, centros de serviços públicos e comércio.

1.3. Justificativa

Conforme apresentado no problema, devido ao crescente do volume do parque automóvel (Transporte Público de Passageiro, veículos ligeiros) no cruzamento das avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular, o dispositivo semafórico existente neste cruzamento deixou de responder satisfatoriamente a regulação do tráfego, como principal regulador de trânsito e dos pedestres, passando a necessitar de auxílio dos Agentes Reguladores de Trânsito (Polícia) para melhorar o controlo de regulação de trânsito principalmente nas horas de pico.

Com vista a melhorar o problema de congestionamento de tráfego nas horas de ponta, no cruzamento das avenidas em referência, pretende-se desenvolver o presente estudo para colmatar ou melhorar a fluidez do trânsito naquele ponto, que passa por efectuar análise da situação existente e produção de uma proposta adequada para solucionar o problema.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo geral

O presente trabalho, tem como objectivo geral, avaliar o tempo dos semáforos, tendo em conta o volume do tráfego actual nas horas de pico no cruzamento das avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular na Cidade de Maputo.

1.4.2. Objectivos específicos:

- Efectuar avaliação da sinalização semafórica no cruzamento das avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular, na baixa da Cidade de Maputo;
- Proceder a determinação dos fluxos de tráfego nas avenidas em estudo com auxílio da metodologia do manual de Capacidade das Estradas. HCM (2000);
- Proceder a determinação dos tempos reais de semáforos no cruzamento face ao aumento do tráfego;
- Proceder a comparação dos tempos calculados com os tempos actuais e necessário ajustamento dos tempos com vista a melhoria de fluxos de veículos;
- Efectuar o estudo de sinalização Horizontal existente nas avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular, na baixa da Cidade de Maputo;
- Produzir conclusões e recomendações para estudos futuros.

1.5. Metodologia de Pesquisa

A pesquisa obedeceu os seguintes passos:

- Colecta de Informação no campo (estradas em estudo) e nas instituições (Instituto Nacional de Transportes Terrestre INATRO, na Direcção de Mobilidade, Transportes e Trânsito (DMTT) do Conselho Municipal da Cidade de Maputo). A recolha de informação no campo, consistiu no registo da demanda de veículos que circulam nas avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular, e foi realizada nos períodos das 6:00 às 8:00 horas de manhã, horas de pico cuja informação foi muito útil para análise do problema em estudo;
- Desenvolvimento do estudo consistiu na análise, interpretação e discussão dos dados recolhidos suportados pelas teorias dos outros autores e materiais

académicos obtidos durante a formação. Foi usado como meio de suporte a internet que serviu para baixar trabalhos científicos de outros autores; e,

- Produção de conclusões e recomendações

1.6. Constrangimentos

Tivemos como constrangimentos, a falta de literaturas especializada que pudesse ser obtida na biblioteca Central ou da Faculdade de Engenharia da U.E.M.

O recurso a internet também foi um constrangimento na medida em que requeria megas para baixar distintos materiais académicos para uso no desenvolvimento do trabalho.

Por último, a falta de literaturas especializadas em língua portuguesa sendo que muita encontra-se em outras línguas em que a candidata não tem o domínio.

A contagem do volume de veículos que cruzam as avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular, realizou-se apenas em um dia no período de manhã, o que não é aconselhável. Entretanto, para se obter uma conclusão minuciosa dos resultados esperados, o normal é se realizar a contagem por um período não inferior a 15 dias e não superior a 30 dias, no de manha das 06: 00 ás 08: 00 e das 16: 00 ás 18: 00 da tarde, o que não foi possível devido a falta de técnicos qualificados para o efeito, os técnicos que auxiliaram na contagem fui disponibilizado pela Direcção Municipal de Transportes e Trânsito, apenas para o período da manha e para um dia.

1.7. Organização do Trabalho

O presente trabalho, é constituído por cinco capítulos nomeadamente:

- **Capítulo I- Introdução:** apresenta os aspectos e as citações de outros autores cujo tema é semelhante ao presente, objectivos Geral e Específicos e justificativa do tema;
- **Capítulo II- Revisão Bibliográfica:** Neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica em que constam os conceitos básicos sobre sinalização Gráfica Horizontal e Semafórica;

- **Capítulo III- Metodologia de cálculo da capacidade viária e avaliação da sinalização semafórica.** Neste capítulo é apresentada a metodologia de desenho e avaliação da sinalização Semafórica com base nos conteúdos dos manuais e artigos de outros autores sobre a matéria;
- **Capítulo IV- Estudo de Caso:** Avaliação da Sinalização semafórica no cruzamento das avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular na Cidade de Maputo. Neste capítulo é apresentada a contagem de tráfego, tratamento de dados, e estudo de tempos semafóricos;
- **Capítulo V - Conclusões e Recomendações:** Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões e recomendações para estudos futuros.
- **Capítulo VI – Bibliografia:** Referências Bibliográficas.

CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICO

2.1. Origem dos semáforos

O primeiro semáforo foi inventado pelo Engenheiro Ferroviário John Pake Knitt, da linha Londres-Brighton, na Inglaterra em 1868 com vista a evitar acidentes rodoviários. A razão que levou a invenção deste dispositivo foi devido ao elevado índice de acidentes rodoviários que se registaram no ano de 1866 que mataram cerca de 1.102 pessoas deixando 1.334 feridas. O semáforo proposto pelo Knitt era de duas lanternas com uma luz verde e outra vermelha que funcionava a gás. Este semáforo, não teve uma longa duração, porque em Janeiro de 1869, por causa de um acidente explodiu e matou um agente policial. Entretanto, em 1910, o semáforo evoluiu para automático que foi utilizado pela primeira vez em Chicago, Illinois, Estados Unidos da América (Day *et al*, 1996).

De acordo com o Volume V do Manual de Sinalização Semaforica Contran, (2014), a implantação da sinalização semaforica na abordagem veicular visa, principalmente, propiciar segurança e fluidez ao fluxo da via secundária. Assim, para o caso da utilização de sinalização semaforica de tempo fixo, é preciso verificar se, para o tempo de ciclo que a sinalização semaforica teria caso fosse instalada, existiriam ciclos sem nenhuma demanda na via secundária, isto é, ciclos vazios.

2.1.1. Semáforo

O semáforo é um dispositivo de controlo de tráfego que, por meio de indicações luminosas transmitidas para os motoristas e pedestres, é responsável por alternar de maneira cíclica e sequencial o direito de passagem de veículos ou pedestres em intersecções. (Lima, 2005).

A sinalização semaforica tem por finalidade transmitir aos usuários a informação sobre o direito de passagem em intersecções e/ou seções de via onde o espaço viário é disputado por dois ou mais movimentos conflitantes, ou advertir sobre a presença de situações na via que possam comprometer a segurança dos usuários. (Contran 2004).

2.1.2. Engenharia de Tráfego

É uma área que se dedica ao estudo de operações nas vias públicas e as características do tráfego de estradas e vias urbanas, cuja finalidade é proporcionar a movimentação segura, eficiente e conveniente da população e mercadorias. Leite (1980), ABNT (1983); Golner (2005); DNIT (2006); Rackelly *et al* (2017).

A Engenharia de Tráfego é a área responsável pelo planeamento de vias e pela circulação do trânsito nas mesmas, buscando sempre transportar pessoas e mercadorias de forma eficiente, económica e segura (DENATRAN, 2006). Por outro lado, os mesmos autores, referem que existem princípios para o estudo da engenharia de tráfego designadamente:

- Projecto. Geométrico;
- Planeamento;
- Levantamento de dados;
- Operação nas vias públicas, e
- Características do tráfego nas estradas urbanas.

Um dos principais objectivos da Engenharia de tráfego é o conhecimento do volume de tráfego e o comportamento dos veículos nas vias, entretanto há necessidade de se aprofundar os estudos de tráfego no local do objecto de estudo, devendo fazer-se as pesquisas de campo, relacionados com os cinco elementos fundamentais do tráfego nomeadamente: motorista, pedestre, veículo, via, meio ambiente e a inter-relação entre eles. Por outro lado, através do estudo de tráfego é possível conhecer todas variáveis que envolvem a mobilidade no local de estudo, o número de veículos, o período de tempo, as velocidades praticadas, locais de estacionamento, travessia de peões, locais com ocorrência de acidentes. Leite (1980), ABNT (1983); Golner (2005); DNIT (2006); Rackelly *et al* (2017).

Para realização de um estudo de tráfego, de acordo com Vasconcelos, (1982), Rackell *et al* (2017), afirmam que é necessário antes de mais detectar um problema no trânsito do local em estudo, onde serão feitas pré-análises tendo em consideração os seguintes aspectos:

- Segurança;
- Fluidez e qualidade de vida dos utentes, por fim, faz-se o levantamento de dados de pesquisa do fluxo de tráfego.

Vasconcelos, (1982), e Rackell *et al* (2017), afirmam que a análise de fluxo de tráfego tem como objectivo determinar os seguintes parâmetros:

- A quantidade de veículos;
- A Direcção de veículos;
- A composição do fluxo de veículos ou de pedestres que usam uma secção ou intersecção da via numa determinada unidade de tempo.

De acordo com Cal *et al.* (2007), com o propósito de entender os problemas de trânsito, é importante realizar uma interpretação de maneira gráfica de todos os elementos que os originam como: a Demanda dos veículos e a oferta da via. A demanda dos veículos e a quantidade de veículos que pretendem dispersar-se por um determinado sistema viário ou oferta viário.

De acordo com o mesmo autor, em Engenharia de Tráfego, a medição básica mais importante é a contagem ou a capacidade de veículos, ciclistas, passageiros e pedestres.

Essas cotagens são efectuadas para obter estimativas de:

- Volumes de veículos
- Taxas de Fluxo
- Demanda
- Capacidade de via.

2.1.3. Volume de Tráfego ou Fluxo de Tráfego

Considera-se volume do tráfego ou fluxo de tráfego como o número de veículos que passam por uma secção de uma via ou de uma determinada faixa durante uma unidade de tempo. E expresso normalmente em veículos /dia (vpd) ou veículos /hora (vph) (DNIT, 2006).

O volume do tráfego apresenta variações quanto ao tempo, dentre os quais se destaca a variação ao longo dia com as horas de pico, que são caracterizados por maiores volumes de veículos em um determinado dia. Esse volume de veículos nos horários de pico varia de lugar para lugar, mais se mantem estáveis em mesmo lugar nos mesmos dias da semana e podem variar também de acordo com o dia da semana. Manual de estudo de trafego do DNIT, (2006) Rackell *at al* (2017).

Para a determinação do volume de tráfego, é preciso realizar contagens volumétricas em intervalos de quinze minutos, pois a adoção de intervalos menores pode resultar em superdimensionamento da via e excesso de capacidade em grande parte do período de pico. Por outro lado, intervalos maiores podem resultar em subdimensionamento e períodos substanciais de saturação (DNIT, 2006).

2.2. Nível de Serviço.

Nível de Serviço é uma medida da qualidade das condições operacionais na rodovia, que procura reflectir a percepção dos usuários em função de diversos factores, tais como:

- Velocidade e tempo de viagem;
- Liberdade de manobras;
- Interrupções do tráfego;
- Segurança;
- Conforto e conveniência. Variam de “A” (escoamento e velocidade livre) a “F” (velocidade e fluxo quase zero).

Os níveis de serviços em uma rodovia variam de A a F, sendo que o nível A representa as melhores condições de tráfego e o nível F representa situações de congestionamento. O limite entre os níveis E e F representa a situação correspondente à capacidade da via. Portanto, os níveis de serviço A e E correspondem ao regime de fluxo livre, enquanto os regimes congestionados e de descarga da fila correspondem ao nível de serviço F. *Highway Capacity Manual- HCM (TRB 2000):*

“**Nível A: - Fluxo Livre** - Condição de escoamento livre, acompanhada por baixos volumes e altas velocidades, a densidade do tráfego é baixa.

Nível B: - Fluxo estável - com velocidades de operação a serem restringidas pelas condições de tráfego. Os motoristas possuem razoável liberdade de escolha da velocidade e ainda têm condições de ultrapassagem.

Nível C: - Fluxo ainda estável - Fluxo ainda estável, porém as velocidades e as ultrapassagens já são controladas pelo alto volume de tráfego. Portanto, muitos dos motoristas não têm liberdade de escolher a faixa e a velocidade.

Nível D: - Fluxo Próximo a Situação Instável: Fluxo aproximando-se da situação instável com velocidades de operação toleráveis, mas afectadas pelas condições de operação, cujas flutuações no volume e as restrições temporárias podem causar quedas substanciais na velocidade de operação. Pouca liberdade para o motorista. Aceitável por curtos períodos de tempo. Fixado como Nível de Serviço Económico para projectos de rodovias situadas em regiões montanhosas.

Nível E: - Fluxo Instável: A via trabalha a plena carga e o fluxo é instável, sem condições de ultrapassagem, sendo que a velocidade é controlada pelo tráfego (40 ou 50 Km/h). Essa condição permite o máximo volume de tráfego, ou seja, o volume de tráfego correspondente ao nível de serviço é igual à capacidade da via.

Nível F: - Fluxo Forçado - Descreve o escoamento forçado, com velocidades baixas e com volumes acima da capacidade da via. Formam-se extensas filas e impossibilita a manobra, em situações extremas, a velocidade e o fluxo podem reduzir-se a zero.”

Os Níveis de Serviço (NS), estão representados na **Figura 1**.

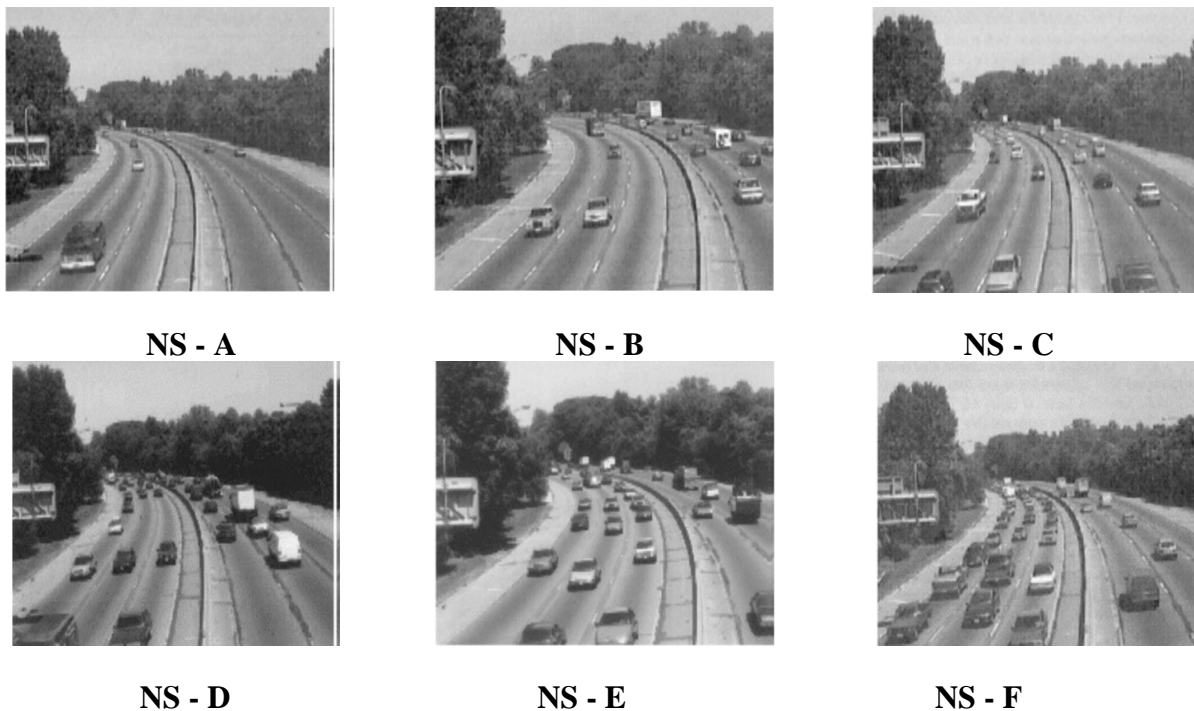


Figura 1: Níveis de Serviço.
Fonte: TRB (2000).

2.3. Sinalização Rodoviária em Moçambique.

2.3.1. Sinalização de Vias Públicas.

Nos termos do Decreto-lei nº1/2011 – Código de Estradas de Moçambique, no capítulo I, artigo 12, no nº1, diz que:

“As vias públicas devem ser convenientemente sinalizadas nos pontos em que o trânsito ou o estacionamento estejam vedados ou sujeitos a restrições e, bem como, onde existem, obstáculos, curvas encobertas, cruzamentos, entroncamentos e passagens de níveis outras circunstâncias que imponham às condutoras precauções especiais” (Decreto-lei nº1/2011)

De acordo com o mesmo decreto nº 2, a sinalização de carácter permanente compete à ANE nas estradas nacionais e aos conselhos municipais nas estradas secundárias, ruas e caminhos municipais de domínio privado quando abertos ao trânsito público, em qualquer dos casos, mediante a provação dos respectivos projectos pelo INAV.

De acordo com a Publicação IPR-743 (DNIT, 2010), a sinalização permanente, composta em especial por sinais em placas e painéis, marcas viárias e dispositivos auxiliares, constitui-se num sistema de dispositivos fixos de controle de tráfego que, ao serem implantados nas rodovias, ordenam, advertem e orientam os seus utentes.

De modo geral, a sinalização deve conquistar a atenção e a confiança do usuário, permitindo-lhe ainda um tempo de reacção adequado. A conquista deste objectivo se dá pelo uso de sinais e marcas em dimensões e locais apropriados e a escolha das dimensões e locais adequados depende, por sua vez, de um conjunto de factores que compõem o ambiente rodoviário como, por exemplo:

- Características físicas da rodovia (pista simples, pista dupla, número de faixas de tráfego, entre outros);
- Velocidade operacional da rodovia;
- Características da região atravessada pela rodovia (região plana, ondulada ou montanhosa); e,
- Tipo e intensidade de ocupação lateral da via (uso do solo urbano ou rural).

2.3.2. Princípios da Sinalização de Trânsito

Na concepção e na implantação da sinalização de trânsito deve-se ter como princípio básico as condições de percepção dos utentes da via, garantindo a sua real eficácia. Para isso, é preciso assegurar à sinalização horizontal conforme demonstrado na **Tabela 1**.

Legalidade	Código de Estradas de Moçambique – e legislação complementar
Suficiência	Permitir fácil percepção, com quantidade de sinalização compatível com a necessidade.
Padronização	Seguir padrão legalmente estabelecido
Uniformidade	Situações iguais devem ser sinalizadas com os mesmos critérios
Clareza	Transmitir mensagens objectivas de fácil compreensão
Precisão e confiabilidade	Ser precisa e confiável, corresponder à situação existente e ter credibilidade
Visibilidade e legibilidade	Ser vista à distância necessária; ser interpretada em tempo hábil para a tomada de decisão
Manutenção e conservação	^e Estar permanentemente limpa, conservada e visível

Tabela 1: Princípios da sinalização de trânsito.

Fonte: Contran Volume 4.

2.3.2. Sinalização

É um acto ou efeito de sinalizar vias, com objectivo primário da indicação rápida e eficiente dos caminhos, das direcções, de informar para além do que se vê, propor decisões a tempo hábil e ainda conferir uma identidade ao local bem como a orientação dos usuários, Manual de sinalização Horizontal (CONTRAN, Volume I 2007).

2.3.3. Classificação dos Sinais de Trânsito

Segundo o Regulamento dos Sinais de Trânsito (RST) os sinais classificam-se em:

- Sinais Gráficos Verticais;
- Sinais Gráficos Horizontais;
- Sinais de Condutores;
- Sinais de Agentes Reguladores do Trânsito;
- Sinais Luminosos e
- Sinais Temporários

A sinalização rodoviária é hierarquizada pelo grau de importância, sendo obrigatório o cumprimento das indicações dadas pelo mais importante.

A sinalização rodoviária obedece a seguinte hierarquia:

- a) Sinais dos agentes reguladores de trânsito;
- b) Sinais Temporários;
- c) Sinais Luminosos; e,
- d) Sinais Gráficos Verticais e Horizontais.

Neste trabalho, iremos fazer abordagem em dois tipos de sinalização: Sinalização Permanente (Horizontal e Vertical), temporária e a Sinalização Luminosa.

2.4. Sinalização Temporária

A sinalização temporária destina-se a identificar a presença de condicionamentos a uma circulação normal na via pública, nomeadamente a existência de obras ou obstáculos ocasionais, tais como acidentes e outros, e a transmitir aos utentes obrigações, restrições ou proibições especiais que temporariamente lhes são impostas, Regulamento dos Sinais de Trânsito (RST) .

Estes sinais têm fundo amarelo e símbolo preto, excepto aqueles cujos símbolos representam outros sinais neles inscritos e as ferramentas do condutor.

Os sinais temporários compreendem os seguintes sinais:

- Sinais de Perigo;
- Sinais de prescrição absoluta;
- Sinais afectação de vias;
- Sinais complementares e;
- Sinais de Informação variável.

Sinais de Perigo – indicam a existência ou possibilidade de aparecimento de condições particularmente perigosas para o trânsito que imponham ao condutor especial atenção ou prudência; sinal triangular, fundo branco e orla vermelha e escritas pretas.

Sinais de Prescrição Absoluta - transmitem aos utentes uma proibição absoluta ou uma proibição a cumprir, compreende os sinais de proibição e obrigação, tem a forma circular.

Sinais de Afectação de Vias – Os sinais de afectação das vias indicam alteração ou prescrições na via em que o condutor circula ou possa circular, caracterizado pelo aumento, diminuição ou desvio de filas de trânsito.

Sinais de Indicação – Destinam-se a dar indicações úteis aos utentes.

2.5. Sinalização Gráfica Horizontal

Sinalização Rodoviária horizontal - é o conjunto de marcas, símbolos e legendas aplicados sobre o revestimento de uma rodovia, de acordo com um projecto desenvolvido, para propiciar condições adequadas de segurança e conforto aos usuários. Manual de Sinalização Rodoviária, MT/ DNIT/IPR (2010).

Para a sinalização horizontal puder proporcionar segurança e conforto aos usuários deve cumprir as seguintes funções:

- Ordenar e canalizar o fluxo de veículos;
- Orientar os deslocamentos dos veículos, em função das condições de geometria da via (traçado em planta e perfil longitudinal), dos obstáculos e de impedências decorrentes de travessias urbanas e áreas ambientais;

- Complementar e enfatizar as mensagens transmitidas pela sinalização vertical indicativa, de regulamentação e de advertência;
- Transmitir mensagens claras e simples;
- Possibilitar tempo adequado para uma acção correspondente; e
- Atender a real necessidade.

A **Figura 2**, mostra a sinalização gráfica de vias, recorrendo ao equipamento mecanizado bem como com recurso manual.



Sinalização Horizontal com recurso a Equipamento Mecanizada

Sinalização Horizontal com recurso a Equipamento Manual

Figura 2: Sinalização Horizontal.

Fonte: Manual de Sinalização CONTRAN, Seabra.soluções.br

2.5.1. Características das Marcas Longitudinais.

a) Quanto a Forma

- **Contínuas** – aplicadas sem interrupções;
- **Tracejada**- linhas descontínuas são aplicadas em cedência variadas;
- **Setas** – aplicadas no pavimento para orientar o posicionamento e mudanças de faixas;
- **Símbolos** – Indicam situações específicas e regulamentam a preferência em entroncamentos; e,
- **Legendas:** combinação de letras e algarismos, formando mensagens para advertir os condutores acerca de situações particulares na via.

b) Quanto a Cores

Podem ser aplicadas nas cores amarela, branca, vermelha, azul e preta. As cores vermelha e azul são usadas em casos excepcionais, destacadas nos respectivos itens:

- **Amarela** – destinada à regulamentação de fluxos de sentidos opostos, aos controles de estacionamento e paradas e à demarcação de obstáculos transversais à pista (lombadas físicas);
- **Branca** – usada para a regulamentação de fluxos de mesmo sentido, para a delimitação das pistas destinadas à circulação de veículos, para regular movimento de pedestres e em pinturas de setas, símbolos e legendas;
- **Vermelha** – usada para demarcar ciclovias ou ciclofaixas e para inscrever uma cruz, como o símbolo indicativo de local reservado para estacionamento ou parada de veículos, para embarque/desembarque de pacientes. Exemplos de uso: em travessias urbanas, no caso das ciclovias ou ciclofaixas, e em locais às margens das rodovias, como estacionamento de hospitais e clínicas, no caso da cruz vermelha;
- **Azul** – usada para inscrever símbolo indicativo de local reservado para estacionamento ou parada de veículos para embarque/desembarque de portadores de deficiências físicas. Aplicada em locais às margens de rodovias, como estacionamento de restaurantes e postos de abastecimento;
- **Preta** – usada apenas para propiciar contraste entre o pavimento, especialmente o de concreto e a sinalização a ser aplicada.

2.5.2. Materiais utilizados

Os materiais mais comumente utilizados na sinalização horizontal das rodovias são: tintas acrílicas, massas termoplásticas, esferas de vidros e películas pré-fabricadas.

A escolha do material deve considerar os seguintes aspectos:

- O carácter do serviço, provisório ou permanente;
- O volume e a composição do tráfego; e,
- O estado de conservação e a vida útil do pavimento.

2.5.3. Classificação de Marcas Longitudinais.

Nos termos do Decreto – Lei nº 1/2011 de 23 de Março de Código de Estrada de Moçambique, o regulamento diz que:

A sinalização horizontal é classificada em:

- Marcas Longitudinais;
 - Marcas Transversais;
 - Marcas Orientadoras de Sentido de Transito;
 - Marcas Reguladoras de Estacionamento e Paragens; e,
 - Marcas Diversas.
- **Marcas longitudinais**- separam e ordenam as correntes de tráfego, definindo a parte da pista destinada à circulação de veículos, a sua divisão em faixas de mesmo sentido, a divisão de fluxos opostos, as faixas de uso exclusivo ou preferencial de espécie de veículo, as faixas reversíveis, além de estabelecer as regras de ultrapassagem, transposição, e subdividem-se em:
- a) Linhas Contínuas;
 - b) Linhas Contínuas Adjacentes;
 - c) Linhas Descontínuas;
 - d) Linhas Mistas;
 - e) Linhas Descontínuas de Aviso;
 - f) Linhas Descontínuas de abrandamento;
 - g) Linha Descontínua de Aceleração;
 - h) Linhas Descontínuas e Contínuas de identificação de corredores de uso exclusivo;
 - **As linhas Contínuas** - têm poder de regulamentação, separam os movimentos veiculares de fluxos opostos e proíbem a ultrapassagem e os deslocamentos laterais;
 - **As linhas Descontínuas** - não têm poder de regulamentação, apenas ordenam os movimentos veiculares de sentidos opostos;

- **As linhas Mistas** – constituído por uma linha adjacente a outra descontínua, tem o mesmo significado que linha contínua e descontínua consoante a linha que lhe estiver mais próxima;
- **Linha Descontínua de aviso**- constituído por traços de largura normal com intervalos curtos, indica a aproximação de uma linha contínua ou passagem estreita; e,
- **Linha Descontínua de abrandamento ou de aceleração** – delimita uma via de trânsito em que se prática velocidade diferente.

As Marcas Longitudinais sinalizadas no pavimento da via, estão apresentadas na **Figura 3** de acordo com as suas designações e características.

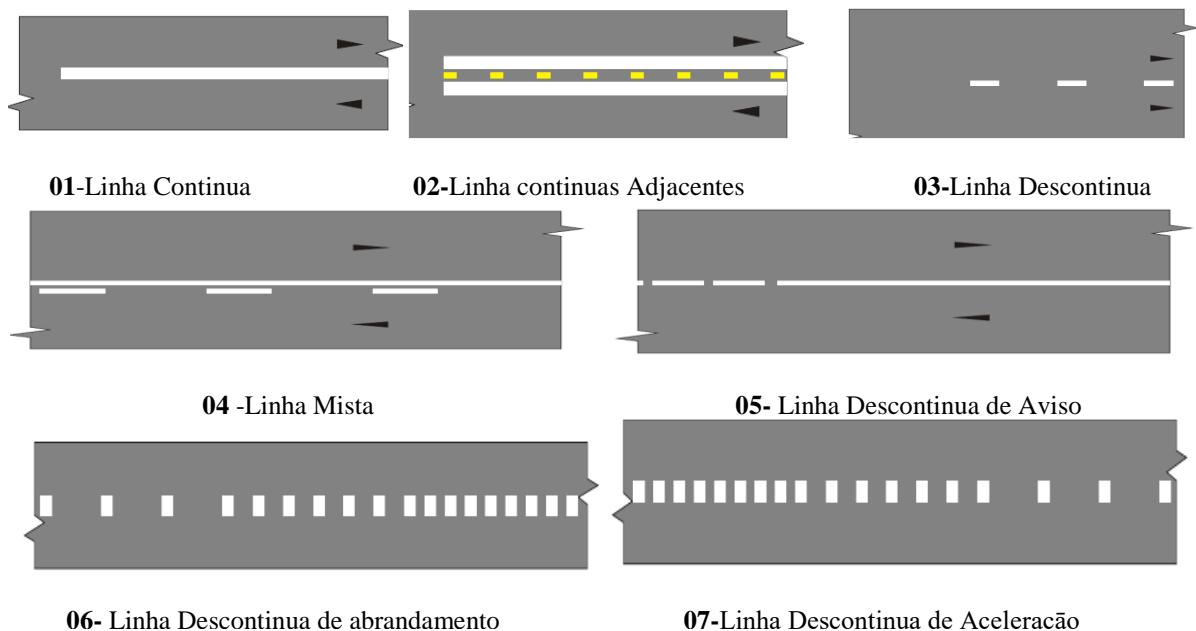


Figura 3: Marcas Longitudinais.

Fonte: Código de Estradas e Regulamento de Sinais de Tránsito de Moçambique (RST).

➤ **Marcas Transversais:** ordenam os deslocamentos de veículos (frontais) e de pedestres, induzem a redução de velocidade e indicam posições para parar em intersecções e travessia de pedestres, como mostra a **Figura 4**.

- a) Linhas de Paragem Obrigatória;
- b) Linha de Paragem Obrigatória com Stop;
- c) Linha de Cedência de Prioridade;
- d) Linha de Cedência de Prioridade com símbolo de Triângulo;
- e) Passagem para Ciclistas; e,
- f) Passagem para Peões.

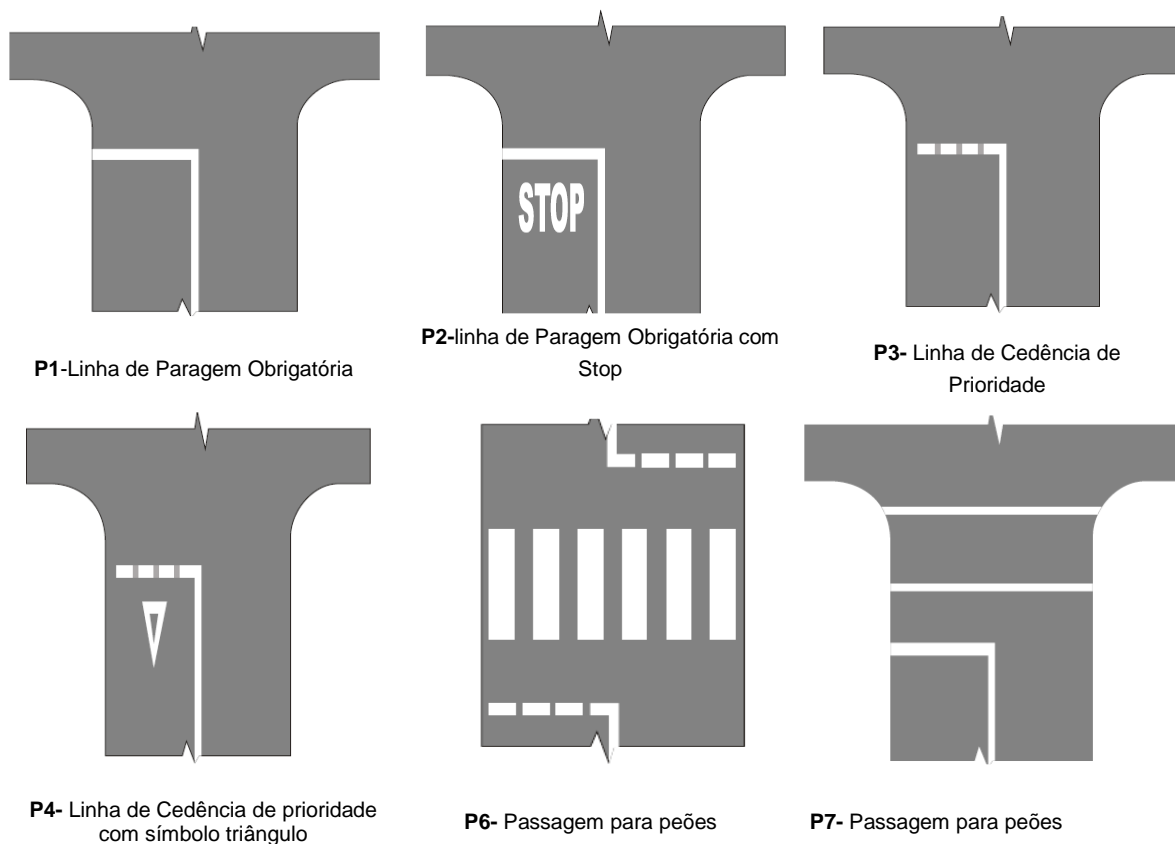


Figura 4: Marcas Transversais.

Fonte: Código de Estradas e Regulamento de Sinais de Trânsito de Moçambique (RST).

➤ **Marcas de Reguladoras de paragem e/ou estacionamento:** usadas em associação à sinalização vertical, para delimitar e controlar as áreas onde o

estacionamento ou a parada de veículos é proibida ou regulamentada, como mostra a **Figura 5**.

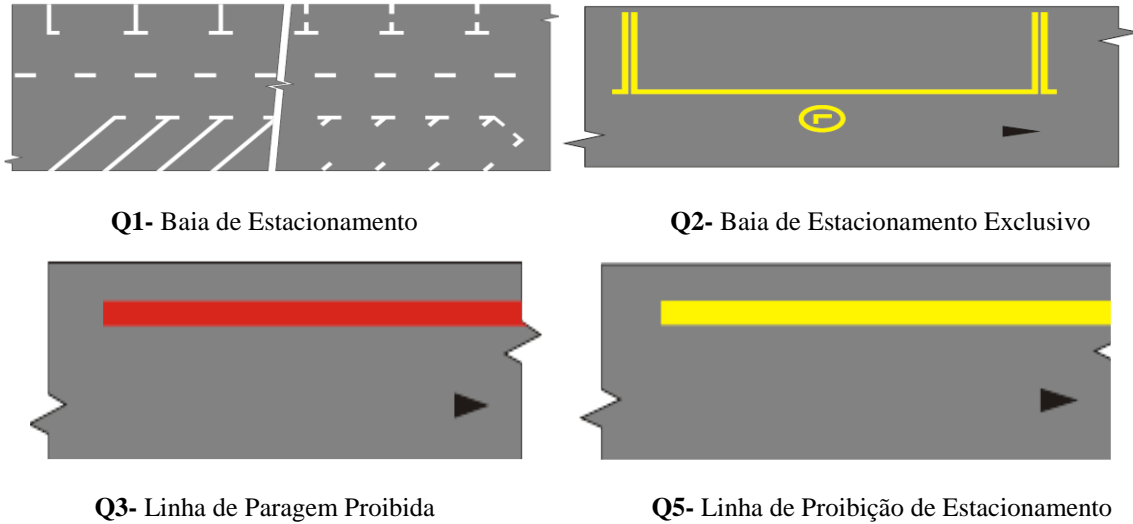


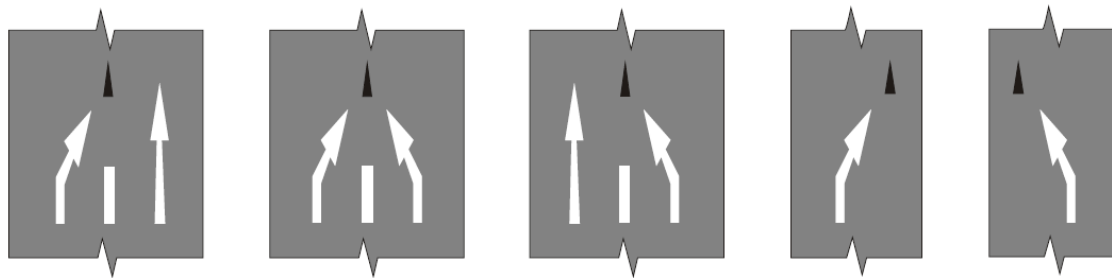
Figura 5: Marcas Reguladoras de paragem e/ou estacionamento.

Fonte: Código de Estradas e Regulamento de Sinais de Trânsito de Moçambique.

➤ **Marcas Orientadoras de Sentido de Trânsito:**

- a) Setas Direccionais,
- b) Símbolos e legendas: usadas em complementação operação da via.

As Marcas Orientadoras de Sentido de Trânsito, estão representadas na **Figura 6**, conforme a indicação e a utilidade de cada marca e a sua característica.



P8 – Setas de Pré-visualização de desvio



P9- Aproximação de Local Perigosa

Figura 6: Marcas Orientadoras de Sentido de Trânsito.

Fonte: Código de Estradas e Regulamento de Sinais de Trânsito.

Marcas longitudinais viárias longitudinais são as que separam e ordenam os fluxos de tráfego. Podem ser linhas de fluxos opostos (LFO), linhas de mesmo sentido (LMS) e linhas de bordo (LBO), Manual de Sinalização de Obras de emergência (2010).

A **Tabela 2** faz menção a dimensão das linhas em função da velocidade praticada na via. Manual de Sinalização de Obras e emergências rodoviárias (2010).

Velocidade-V(Km/h)	Largura- L(mm)	Cadencia- t:e	Traço- t (mm)	Espaçamento-e (mm)
V < 60	10,0	1:2	20	40
		1:3	20	60
60 ≤ V ≤ 80	10,0	1:2	30	60
		1:3	20	60
V ≥ 80	15,0	1:2	40	80
		1:3	30	90
		1:3	40	120

Tabela 2: Dimensão de linhas viárias longitudinais segundo a velocidade.

Fonte: Adaptado - Manual de Sinalização de Obras e emergências rodoviária.

2.6. Sinalização Gráfica Vertical

A **sinalização vertical** - é estabelecida através de comunicação visual, por meio de placas, painéis ou dispositivos auxiliares, situados na posição vertical, implantados à margem da via ou suspensos sobre ela, tem como finalidade: a regulamentação do uso da via, a advertência para situações potencialmente perigosas ou problemáticas, do ponto de vista operacional, o fornecimento de indicações, orientações e informações aos usuários, além do fornecimento de mensagens educativas, Manual de Sinalização Vertical (contran, volume I 2007).

Para que a sinalização vertical seja efectiva, devem ser considerados os seguintes factores para os seus dispositivos:

- Posicionamento dentro do campo visual do utente;
- Legibilidade das mensagens e símbolos;
- Mensagens simples e claras; e,
- Padronização.

O posicionamento das placas e painéis é mais detalhadamente discutido na abordagem específica dos tipos de sinais adiante definidos. Como regra geral para todos os sinais posicionados lateralmente à via deve-se garantir uma pequena deflexão horizontal, entre 3° e 5° (três e cinco graus), em relação à direcção ortogonal ao trajecto dos veículos que se aproximam, de forma a evitar reflexos provocados pela incidência de faróis de veículos ou de raios solares sobre a placa (DNIT 2010).

Nos termos do Decreto – Lei n° 1/2011 de 23 de Março de Código de Estrada de Moçambique, o regulamento diz que:

Os sinais verticais a colocar na via publica compreende os seguintes sinais:

- Sinais de perigo;
- Sinais de prescrição absoluta;
- Sinais de indicação (Sinais de Informação, Sinais Pré-sinalização e Direcção, e Sinais de identificação de localidades e de estradas)
- Sinais de Direcção;

- Sinais de Direcção de Auto-Estradas;
- Sinais de interesse turístico;
- Sinais de afectação de vias;
- Sinais de cedência de passagem
- Sinais Combinados; e,
- Sinais com painéis Adicionais.

a) **Sinais de perigo** – indica a existência ou possibilidade de aparecimento de condições particularmente perigosas para o trânsito que imponham especial atenção e prudência ao condutor, como mostra a **Figura 7**.



Figura 7: Sinais de Perigo.

Fonte : Código de Estradas e Regulamento de Sinais.

- a) **Sinais de prescrição absoluta** – transmitem aos utentes o impedimento ou interdição de determinados comportamentos;
- b) **Sinais de Proibição** – transmitem aos utentes a proibição de determinados comportamentos, como mostra a **Figura 9**.

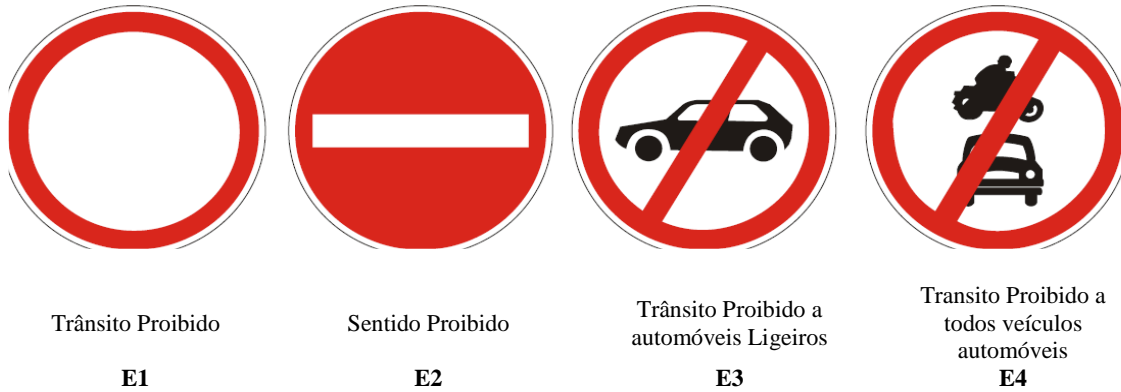


Figura 8: Sinais de Proibição.

Fonte : Código de Estradas e Regulamento de Sinais.

c) **Sinais de Obrigação** – transmitem aos utentes a imposição de determinados comportamentos, de acordo com a figura 9.



Figura 9: Sinais de Obrigação.

Fonte: Código de Estradas e Regulamento de Sinais.

d) **Sinais de Informação** – indicam a existência de locais ou serviços de interesse e dão outras indicações úteis, como mostra a **Figura 10**.



Figura 10: Sinais de Informação.

Fonte : Código de Estradas e Regulamento de Sinais.

- e) **Sinais de Direcção** – indicam os destinos de saída que podem estar associados à identificação da estrada que os serve, nomeadamente no caso de auto-estradas.
- f) **Sinais de Interesse Turístico** – Destina-se a fornecerem aos utentes indicações sobre locais, imóveis ou conjuntos de imóveis e outros motivos que possuam especial relevância de âmbito cultural, histórico-patrimonial ou paisagístico. Têm a forma rectangular, fundo castanho e símbolo a branco.
- g) **Sinais de Cedência de Passagem** – informam os condutores a existência de um cruzamento, entroncamento, rotunda ou passagem estreita, onde lhes é imposto um determinado comportamento ou especial atenção
- h) **Sinais Combinados** - Os sinais combinados são gráficos verticais combinados, com placas adicionais, e destinam-se a dar informação completa aos utentes, indicando o local em que se aplica a prescrição a que se refere a combinação do sinal ou a extensão do troço em que se aplica a mensagem dos sinais
- i) **Sinais com Painéis Adicionais** – utilizam-se para completar as indicações dadas pelos sinais verticais, para restringir a sua aplicação a determinadas categorias de utentes da via pública, para limitar a sua validade a determinados períodos de tempo ou para indicar a extensão da via em que vigoram as prescrições.

2.7. Sinalização Luminosa ou Semafórica.

O grande desafio do sistema semafórico é a etapa de programação, que consiste na determinação do tempo de luz verde (permitido o fluxo) para cada um dos estágios do semáforo (tempo de luz verde para cada grupo de semáforo) do semáforo. Portanto, para se programar o sistema, é necessário que seja conhecido o Fluxo de Saturação (FS) das aproximações envolvidas. Em outras palavras, é necessário conhecer o máximo fluxo que um grupo semafórico, em determinada via, pode escoar. Além disso, é necessário também que seja conhecido o Fluxo (F) que deseja passar, ou seja, a demanda de veículos Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito Volume V – Sinalização Semafórica, (2004).

O Manual de Sinalização Semafórica (DENATRAN, 2014) apresenta, considerações e critérios para implantação de semáforos, bem como características para o controlo destes. Apresenta, também, detalhes sobre a obtenção dos dados que são necessários para verificar a necessidade de implantação ou mesmo remoção desse tipo de sinalização.

A determinação da implementação de um semáforo deve ser precedida de estudos específicos de cada local, que levem em conta o fluxo, a composição do tráfego, volume de pedestres e a capacidade (ou fluxo de saturação) das vias. Este tópico tratará exactamente dos elementos que o manual supracitado julga necessários para a realização desses estudos.

A Sinalização luminosa - é destinada a regular o trânsito e é constituída por um sistema de três luzes circulares, não intermitentes com as cores vermelha, amarela e verde, a que correspondem os significados seguintes:

a) Cores usadas para o controlo do fluxo de veículos:

- **Luz Vermelha** – indica passagem proibida, obriga os condutores a pararem antes de atingirem a zona regulada pelo sinal.
- **Luz Amarela** – transição da luz verde para a vermelha, proíbe a entrada na zona regulada pelo sinal, salvo se os condutores se encontrarem já muito perto daquela zona quando a luz se acender e não puderem parar em

condições de segurança e se a paragem resultar em situação de risco de colisão traseira;

- **Luz Verde** – indica passagem autorizada permite a entrada na zona regulada pelo sinal.

A **Figura 11** mostra as cores usadas para o controlo do fluxo de veículos.



Figura 11: Semáforo veicular.

Fonte: <https://www.guiadaengenharia.com/programação>

b) Cores usadas para controle do fluxo de pedestres são:

- **Luz Vermelha** – proibição para os peões iniciarem o atravessamento da faixa de rodagem.
- **Luz Verde** – autoriza a passagem de peões, quando intermitente, indica que está iminente o aparecimento da luz vermelha.

A **Figura 12** mostra as cores usadas para o controlo do fluxo de pedestres.

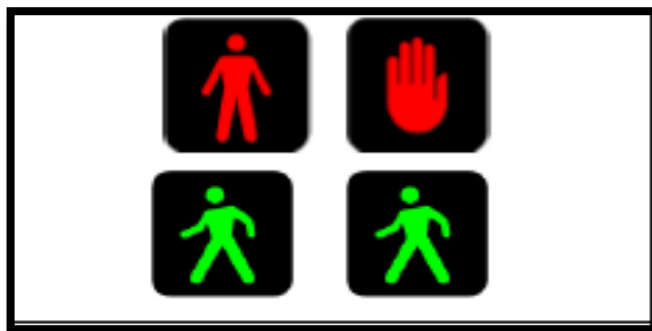


Figura 12: Semáforo para Pedestres.

Fonte: Manual de Sinalização Semafórica- CONTRAN (2014).

2.7.1. Classificação da Sinalização Luminosa ou Semafórica.

A Sinalização Luminosa é classificada segundo sua função, em:

- a) **Sinalização semafórica de regulamentação** – tem a função de efectuar o controle do trânsito numa intersecção ou seção de via, através de indicações luminosas, alternando o direito de passagem dos vários fluxos de veículos e/ou pedestres DENATRAN (2014);
- b) **Sinalização semafórica de advertência** – tem a função de advertir sobre a existência de obstáculo ou situação perigosa, devendo o condutor reduzir a velocidade e adoptar as medidas de precaução compatíveis com a segurança para seguir adiante DENATRAN (2014).

2.7.2. Equipamentos Semafóricos.

2.7.2.1. Grupo focal

É um conjunto de lentes circulares de luzes nas cores verde, amarela e vermelha, voltados para o fluxo de tráfego de veículos, no caso dos grupos focais veiculares.

Para veículos, nas aproximações de intersecções, recomenda-se o uso de um grupo focal principal e um grupo focal repetidor, ambos com as três cores.

O grupo focal principal é o colocado no braço projectado do poste, por sobre a pista de rolamento, com lentes de maior diâmetro (300 mm), por estar numa altura compatível com o gabarito vertical da via.

O grupo focal repetidor veicular, com lentes de 200 mm, fica acoplado à coluna do poste, instalado no passeio de pedestres ou canteiros. As cores devem ser acesas na seguinte sequência: verde, amarela e vermelha.

2.7.2.2. Componentes do Grupo Semafórico

O Grupo Semafórico, como ilustra a **Figura 13**, é composto por seguintes elementos:

- **Grupo focal** – é o conjunto formado por dois ou mais focos.
- **Foco** – é o dispositivo que fornece indicação luminosa.

- **Estrutura de suporte** – é uma estrutura metálica de alumínio que projecta o semáforo sobre a via.
- **Repetidor:** e o grupo focal que repete a mesma informação em ponto mais baixo para facilitar a visualização da primeira fila de veículos.
- **Controlador-** é um dispositivo electrónico responsável pelo funcionamento dos grupos focais seguindo a programação efectuada.

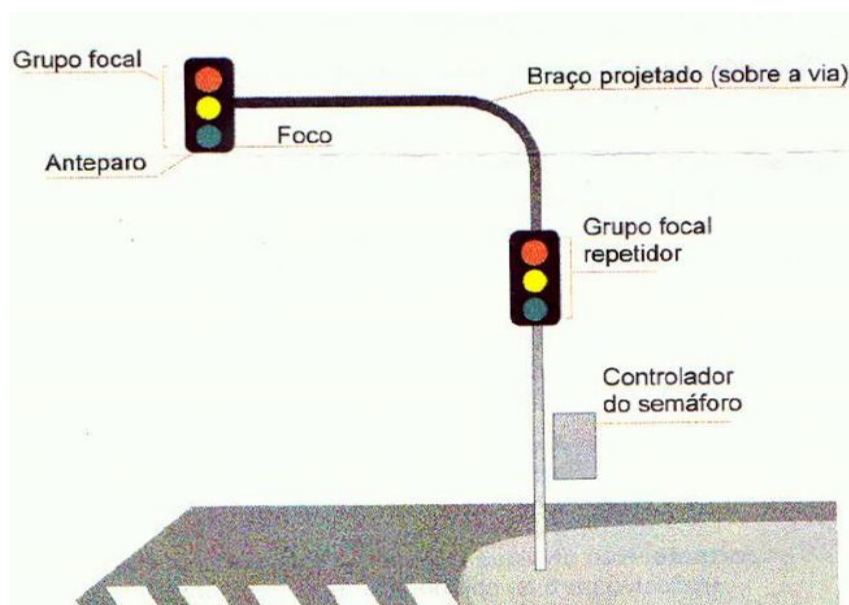


Figura 13: Componentes do Grupo Semafórico.

Fonte: Manual de Sinalização DENATRAN (2014)

2.8. Critérios para Implantação da Sinalização Semafórica

A sinalização semafórica é uma das alternativas para o gerenciamento de conflitos em intersecções ou em meio de quadra. Antes de decidir pela implantação de sinalização semafórica, deve ser avaliada sua efectiva necessidade, considerando a viabilidade da adopção de outras medidas alternativas, DENATRAN (2014), tais como:

- Definição da preferência de passagem;
- Remoção de interferências que prejudiquem a visibilidade;
- Melhoria na iluminação;
- Adequação das sinalizações horizontal e vertical;
- Redução das velocidades nas aproximações;

- Adequação na geometria;
- Proibição de estacionamento;
- Implantação de refúgios para pedestres;
- Alteração de circulação;
- Inversão da preferência de marcha;
- Implantação de mini-rotatórias;
- Direcção dos pedestres para locais de travessia seguros;
- Reforço da sinalização de advertência.

O uso apropriado da sinalização semafórica produz impactos positivos no controlo de trânsito, apresentando muitas vantagens. Entretanto, quando utilizada de forma inadequada, contrariando os Princípios da Sinalização de Trânsito, apresenta consequências que causam prejuízos ao desempenho e segurança do trânsito.

2.8.1. Elementos de Programação Semafórica.

a) Estágio ou Intervalo

É o tempo, no qual, um ou mais grupos de movimentos ganham simultaneamente o direito de passagem. Portanto, compreende o tempo de verde e entreverdes (DENATRAN, 1984).

b) Tempo de Amarelo

É o tempo utilizado para alertar o condutor que a permissão de passagem será concedida a outro estágio e, portanto, deve-se reduzir a velocidade do veículo. O tempo de amarelo é calculado de acordo com a velocidade regulamentar da via conforme sua sinalização vertical, ou de acordo com a hierarquia da via, sendo estas: trânsito rápido (não possui semáforo), arterial, colectora e local. (DENATRAN, 1984).

c) Tempo de vermelho de segurança

É o tempo necessário para que o veículo que cruza a intersecção ao final da luz amarela possa concluir a travessia sem que ocupe o centro da intersecção no momento em que a

permissão de passagem é cedida ao próximo estágio. Portanto, o tempo de vermelho de segurança é determinado de acordo com o comprimento do cruzamento, o comprimento do próprio veículo e a velocidade do mesmo (DENATRAN, 1984).

d) Tempo de Entreverdes

É o período de tempo entre estágios, que se inicia ao final do sinal verde e se finaliza ao início do verde do subsequente. No caso dos semáforos veiculares, a transição é feita por um tempo de sinal amarelo e, em caso de cruzados mais longos, acrescido de um tempo de vermelho geral (DENATRAN, 1984).

e) Tempo de Ciclo

É o tempo necessário para a sequência completa de todos os estágios de uma intersecção (DENATRAN, 1984).

f) Diagrama de Estágios

É a representação esquemática da sequência de movimentos permitidos e proibidos para cada intervalo de ciclo. A figura 14 ilustra o diagrama de estágios.

Este diagrama procura caracterizar as descrições básicas de um cruzamento de duas vias com dupla mão em cada direcção (DENATRAN, 1984).

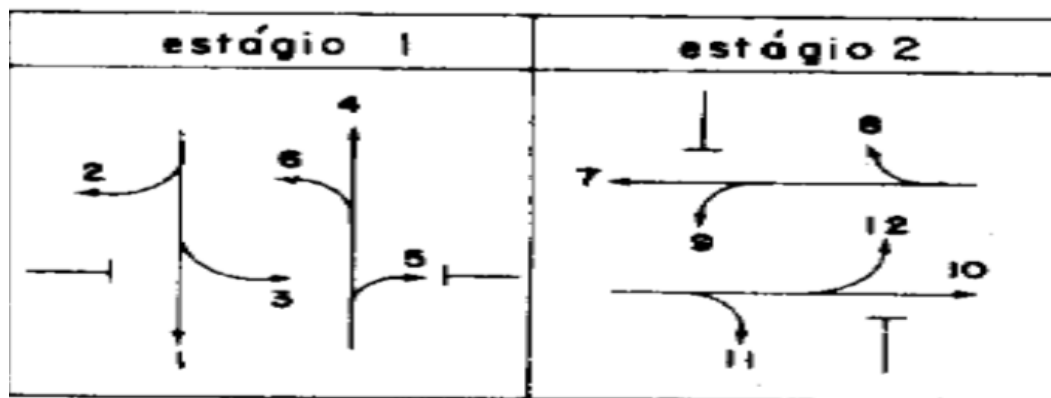


Figura 14: Diagrama de estágios.

Fonte: Manual de Semáforo DENATRAN (1984).

2.8.2. Intersecções

Uma intersecção, segundo AASHTO (2001), figura 15, é um ponto de conflito entre veículos, pedestres e ciclistas, uma área geral onde duas ou mais vias se encontram ou se cruzam.

Nessas intersecções, os usuários se deslocam de um ponto a outro, podendo adoptar diferentes trajectos. Esses trajectos, ou mudanças de direcção, adoptados pelos usuários são chamados de movimentos, os quais, no Manual Brasileiro de Sinalização Semafórica (DENATRAN, 2014), são classificados como:

- a) **Convergentes:** movimentos que têm origem em diferentes aproximações e possuem mesmo destino;
- b) **Divergentes:** movimentos que têm origem na mesma aproximação e possuem destinos diferentes;
- c) **Interceptantes:** movimentos que têm origem em aproximações diferentes e que se cruzam em algum ponto da área de conflito;
- d) **Não-interceptantes:** são aqueles cujas trajectórias não se encontram em nenhum ponto da área de conflito;
- e) **Conflitantes:** origens diferentes cujas trajectórias se interceptam ou convergem em algum ponto da área de conflito.

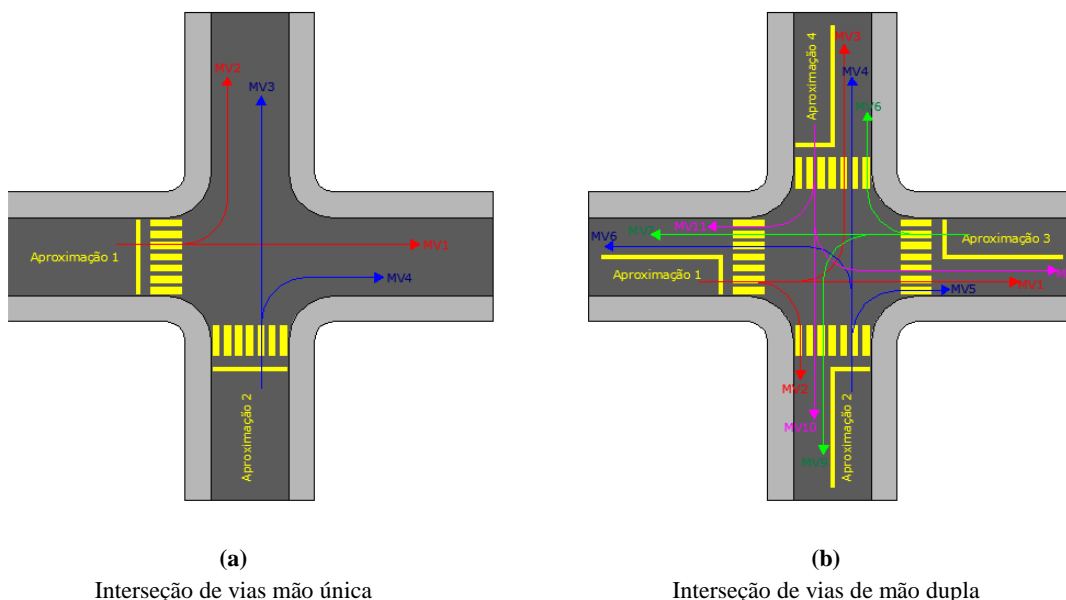


Figura 15: Diagrama de Movimentos Conflitantes.

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito DENATRAN (2014).

2.8.3. Contagem de volumétricas

Esta metodologia segundo Vasconcelos (1982), é realizado por pesquisadores posicionados ao lado das vias, que utilizam contadores manuais e mapas e registam de cada movimento dos veículos em intervalos de 15 minutos.

As contagens volumétricas visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos seleccionados do sistema viário, numa determinada unidade de tempo. Essas informações serão usadas na análise de capacidade, na avaliação das causas de congestionamento e de elevados índices de acidentes, no dimensionamento do pavimento, nos projectos de canalização do tráfego e outras melhorias (DNIT, 2006).

2.8.4. Volume de tráfego

É o número de veículos ou pedestres que passam por uma dada seção de via durante o período em que é feita a contagem desses elementos. Quando essa contagem é feita para

definição da programação semafórica, leva-se em conta o sentido (direita, esquerda, directo) de circulação dos veículos e os tipos de veículos (leves, pesados, motos). O volume de tráfego é expresso em veículos por hora (veic/h). Ele representa a demanda da via, ou seja, quantos veículos a solicitam em dado momento, conforme a fórmula abaixo.

2.8.5. Fluxo

Fluxo é definido como o volume de veículos que passam pela mesma direcção de uma via durante um determinado tempo (WEBSTER e COBBE, 1966).

Para a determinação do Fluxo (F), é realizado a medição em campo da maior demanda de veículos se aproximando da intersecção em um intervalo de tempo no horário de pico (Manual de Semáforos – DENATRAN, 1984).

2.8.6. Volume de Tráfego Equivalente

O volume de tráfego equivalente é o volume de tráfego veicular expresso em termos de unidades de carros de passeio (ucp). Esta variável é importante para se compor o volume de tráfego de uma via numa base única. Portanto, depois de feita a contagem em uma determinada secção de via, o número de cada tipo de veículo é multiplicado por seu respectivo factor de equivalência para, assim, obter-se o volume de tráfego equivalente, Manual de Semáforos – DENATRAN, (1984), de acordo com a **Tabela 3**.

Tipo	Factor de equivalência
Automóvel	1,00
Moto	0,33
Autocarro	2,00
Caminhão (2 eixos)	2,00
Caminhão (3 eixos)	3,00

Tabela 3: Factor de equivalência para diferentes tipos de veículos.

Fonte: DENATRAN (2014).

2.8.7. Fluxo de Saturação (FS)

O fluxo de saturação representa a máxima capacidade da via, ou seja, quantos veículos ela consegue receber em dado período de tempo, normalmente expresso em veículos por hora (veic/h).

Tanto as condições da via como as condições do tráfego têm influência no fluxo de saturação. Os factores mais importantes, quanto às condições da via, são a topografia, o número de faixas e a largura destas, e o estado do pavimento, como mostra a **Figura 16**.

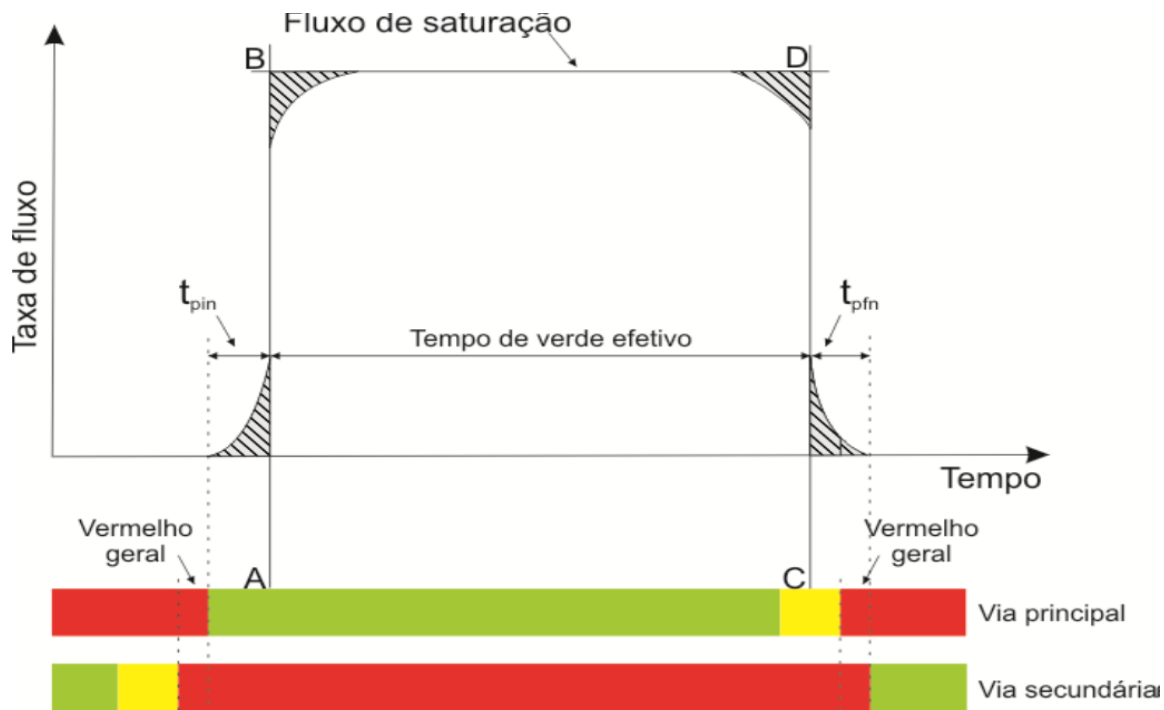


Figura 16: Fluxo de saturação e tempos perdidos em estágio saturado.

Fonte.:

Webster

1957,

CONTRAN

(2014).

CAPÍTULO III - METODOLOGIA DE CÁLCULO DA CAPACIDADE VIÁRIA E AVALIAÇÃO DA SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

3.1. Elementos de Programação Semafórico

3.1.1. Capacidade de uma rodovia

É a quantidade máxima esperada de veículos que cruzam uma determinada seção da rodovia durante um período de tempo em que as condições predominantes de tráfego, de controlo e as características geométricas da via não se alteram significativamente HCM (TRB, 1998).

A velocidade de fluxo livre (FFS) é definida pelo HCM (2000), como a velocidade média dos veículos trafegando em um segmento em condições de fluxo baixo, quando os motoristas têm a liberdade de escolha da velocidade desejada, e não há restrições devido ao tráfego ou dispositivos de controlo à jusante.

O ideal é medir localmente a velocidade de fluxo livre, entretanto, não sendo possível realizar a medição, pode estimá-la por meio da equação (1):

$$\mathbf{FFS = BFFS - flw - flc - fN - f_{iD}} \quad (1)$$

Onde:

FFS — Velocidade de fluxo livre estimada (mi/h);

BFFS — Velocidade em regime livre base (mi/h);

flw — Ajuste devido à largura das faixas;

flc — Ajuste devido à desobstrução lateral;

fN — Ajuste devido ao tipo de divisor central;

f_{iD} — Ajuste devido aos pontos de acesso.

O ajuste é feito em função da largura das faixas flw é obtido a partir da **Tabela 4**.

Largura da faixa (m)	Redução na FFS, flw (km/h)
3.6	0.0
3.5	1.0
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3.0	10.6

Tabela 4: Ajuste em função da largura das faixas flw .

Fonte: HCM (2000).

Ajuste devido à desobstrução lateral flc para rodovias de 4 faixas é obtido a partir da **Tabela 5**.

Estradas de 4 vias		Estradas de 6 vias	
Desobstrução lateral total, flc (m)	Redução na FFS (km/h)	Desobstrução lateral total, flc (m)	Redução na FFS (km/h)
3.6	0.0	3.6	0.0
3.0	0.6	3.0	0.6
2.4	1.5	2.4	1.5
1.8	2.1	1.8	2.1
1.2	3.0	1.2	2.7
0.6	5.8	0.6	4.5
0.0	8.7	0.0	6.3

Tabela 5: Ajuste devido à desobstrução lateral (flc).

Fonte: HCM (2000)

O ajuste devido ao tipo de separador central fM é dado na **Tabela 6**.

Tipo de separador central	Redução na FFS (km/h)
Estrada não dividida	2.6
Estrada dividida	0.0

Tabela 6: Ajuste devido à largura das faixas (fM).

Fonte: HCM (2000).

3.1.2. Factor Horário de Pico ou de maior demanda

O factor da hora de pico ou de maior demanda, representa a variação temporal de fluxo de tráfego durante uma hora, onde se usa o período de pico de 15 minutos dentro da hora de interesse.

Quando não for possível o factor horário de pico (FHP) no campo, recomenda-se o uso de 0,88 para áreas rurais e 0,92 para áreas urbanas. HCM 2000, (TRB 2000).

O factor da hora de pico é calculado pela equação (2):

$$FHM_{D15} = \frac{VHM_D}{4(Q_{15min})} \quad (2)$$

Onde:

FHM_{D15} = Fator horário de maior demanda

VHM_D = Volume da hora de pico (ucp)

Q_{15min} = Volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora pico (ucp).

3.1.3. Fluxo Equivalente

O factor de ajuste para veículos pesados representa o efeito de presença de veículos na corrente de tráfego e serve para ajustar o fluxo observado (em vei/h), em fluxo equivalente expresso em carros de passeio por hora. HCM -2000 (TRB 2000), cuja fórmula é representada pela equação (3).

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

(3)

Onde:

f_{HV} = Factor de Ajuste por efeito de veículos pesados;

P_T = Percentagem de camiões na via corrente de veículos;

P_B = Percentagem de machimbombos na via corrente de veículos;

P_R = Percentagem de veículos recreativos na via corrente de veículos;

E_T = Automóveis equivalentes a um camião;

E_B = Automóveis equivalentes a um machimbombo;

E_R = Automóveis equivalentes a um veículo recreativo.

Os factores de equivalência ET e ER a utilizar dependem do segmento a analisar a um troço extenso ou uma tangente específica, como mostra a **Figura 17**, tendo em conta o seguinte critério.

Troços extensos - incluem subidas, descidas e zonas em patamar que pelo declive e/ou extensão não produzam um efeito significativo nas condições de escoamento de tráfego; tangentes específicas tem uma tangente se tiver uma declive inferior a 3% mas a sua extensão for superior a 1,0 km, ou se a tangente um declive igual ou superior a 3% e a sua extensão ultrapasse os 500 m, HCM (2000).

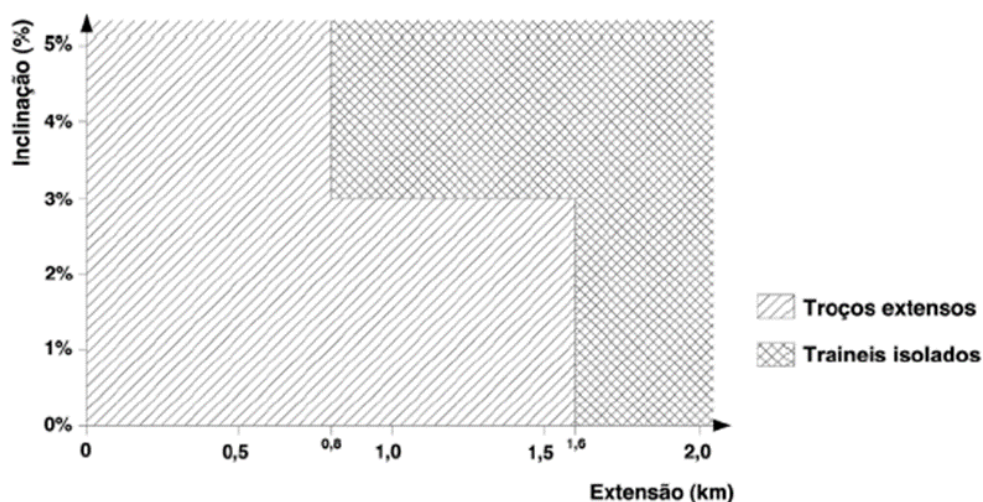


Figura 17: Campo de aplicação de troços extensos e tangentes específicos.

Fonte: HCM (2000).

A **Tabela 7** demonstra os factores de equivalência para tipos veículos, em função do tipo de terreno.

Tipo de Terreno			
Factor	Plano	Ondulado	Montanhosa
ET	1.5	2.5	4.5
ER	1.2	2.0	4.0

Tabela 7: Factores de equivalência para veículos pesados e veículos recreativos.

Fonte: HCM (2000).

3.1.4. Determinação do Fluxo horário (VP)

O cálculo do fluxo (Vp) deve reflectir a 1 hora mais carregados da hora analisada, em v/h.

É influenciado por factores característicos do tráfego: Tipo de tráfego e Tipo de condutor.

O fluxo de cálculo pode ser efectuado através da equação (4):

$$V_P = \frac{V}{FHM_D \times N \times FH_V \times F_P}$$

(4)

Onde:

V — Volume horário total (em v/hora) de fluxo livre estimada (mi/h);

FHM_D — Factor de hora de pico;

N — Número de faixas na direcção;

FH_V — Factor de ajustamento para veículos pesados;

F_P — Factor de ajustamento por tipo de condutor, $f_p = 1$

3.1.5. Determinação da Velocidade Média (S)

A velocidade media pode ser calculada em função do intervalo da velocidade do fluxo livre através das fórmulas apresentadas na **Tabela 8**.

Vel. de fluxo livre	Velocidade média (km/h)
$90 < FFS \leq 100$	$S = FFS - [(9,3/25FFS - 630/25) \times (V_p - 1400/15.7FFS - 770)1.31]$ (1)
$80 < FFS \leq 90$	$S = FFS - [(10,4/26FFS - 696/26) \times (V_p - 1400/15.6FFS - 704)1.31]$ (2)
$70 < FFS \leq 80$	$S = FFS - [(11,1/27FFS - 728/27) \times (V_p - 1400/15.9FFS - 672)1.31]$ (3)
$FFS = 70$	$S = FFS - [(3,0/28FFS - 75/14) \times (V_p - 1400/25FFS - 1250)1.31]$ (4)

Tabela 8: Cálculo da velocidade média com base na FFS.

Fonte: HCM (2000).

3.1.6. Determinação da Densidade e Nível de Serviço

A através da equação 5 mostra a relação entre a velocidade media de percurso e a taxa de fluxo de demanda ou debito. É através da qual determina-se o nível de serviço de uma rodovia de múltiplas faixas com base na **Tabela 9**.

$$D = \frac{V_P}{S} \quad (5)$$

Onde:

V_p = Taxa de fluxo de demanda ou débito (vei/ h/ faixa)

S = Velocidade média de percurso (mi/h)

D = Densidade de trafego (vei/h/faixa).

Densidade (v/Km)	Nível de Serviço
0 - 7	A
> 7 - 11	B
> 11 - 16	C
> 16 - 22	D
> 22 - 28	E
> 28	F

Tabela 9: Determinação do Nível do Serviço.

Fonte: (HCM 2000).

3.2. Programação Semafórica

De acordo com Cal *et. al.* (2007), para obter um mínimo de demoras cada fase deve incluir um maior número possível de movimentos simultâneos. Assim pode se admitir um maior número de veículos na intersecção. Em geral o número de fases diferentes deve reduzir-se ao mínimo considerando a segurança e a eficiência.

Na selecção de movimentos dentro de cada fase deve tender a reduzir a um mínimo de frequência e gravidade de pontos de conflito. Igualmente a sequência das fases deve tratar de reduzir as demoras.

Como se mencionou anteriormente, uma fase começa com a perda de direito de passagem final de verde e dos movimentos que estão em conflitos com os que ganham direito. Isto é a fase que começa com o amarelo que detém os movimentos que perdem o direito de passagem e termina com o final do verde dos que ganham. Por tanto uma fase consta de um intervalo amarelo, um todo vermelho e um todo verde.

A distribuição dos tempos em cada fase deve estar em relação directa com os movimentos de trânsito e dos tempos correspondentes. Em outras palavras a direcção de cada fase e de ciclo correspondera a demanda.

Se os intervalos entre veículos que entram numa intersecção durante a hora de pico são aproximadamente iguais nas vias críticas das estradas que se intersectam, a subdivisão do tempo total do ciclo com indicação do verde será aproximadamente correcta se os intervalos correspondentes a cada estrada se fazem directamente proporcional aos volumes de trânsito e vias críticas.

3.2.1. Determinação de Fluxos de Veículos Equivalentes (q_{ADE})

A equação (6) apresenta a fórmula de determinação de fluxo de veículos equivalentes:

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{V(esq/dir)}) \quad (6)$$

Onde:

q_{ADE} = Fluxo equivalente

$FHMD$ = Factor de ponta de maxima demandada

$VHMD$ = Volume horário de máxima demandada

f_{HV} = Factor de ajuste por efeito de veículos pesado

3.2.2. Intervalo de Mudança de Fase

A função principal de intervalo de mudança da fase é de alertar aos usuários da mudança de indicação do direito de uso da intersecção. Para calcular o intervalo de mudança da fase é considerado o tempo de percepção - reacção do condutor, os requisitos da desaceleração e o tempo necessário de descongestionamento da intersecção de acordo. Kell (1991), citado por Cal *et al* (2007).

A **Figura 18**, mostra o intervalo de mudança de fases.

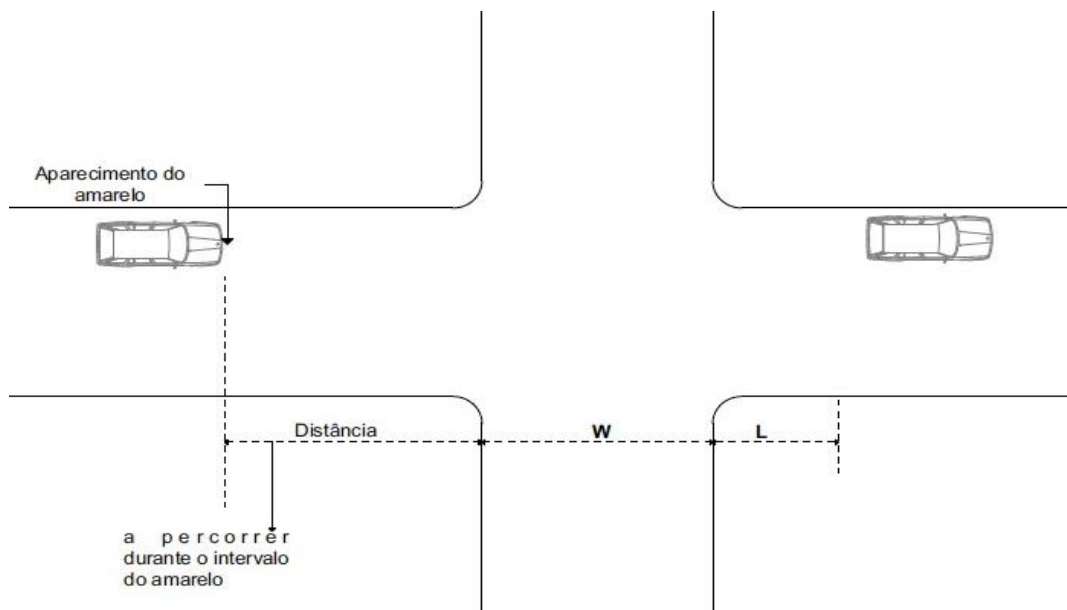


Figura 18: Intervalo de Mudança de fases.

Fonte: Manual de Engenharia de Transito, Fundamentos e aplicações 8ª Edição.

Intervalo de mudança de fase = Amarelo + Todo Vermelho

A equação (7), apresenta a fórmula para determinação de mudança de fase:

$$y = \left(t + \frac{V}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{V} \right) \quad (7)$$

Onde:

y = intervalo de mudança de fase, amarelo mais todo vermelho; T = Tempo de percepção - reacção do condutor (normalmente = 1seg); V= velocidade de aproximação aos veículos (m/s); a = taxa de desaceleração (valor usual 3,05m/s²); W= largura da intersecção (m); L = Largura da via (valor típico 6,10m).

3.2.3. Determinação do Tempo Perdido por Fase I₁

É a soma do tempo do Amarelo (A₁) e o tempo do Vermelho (TR₂) e é expresso através da equação (8) abaixo:

$$I_1 = y_1 = A_1 + TR_2 \quad (8)$$

$$I_2 = y_2 = A_2 + TR_1$$

Onde:

I₁ = Tempo perdido; A₁ = A₂ = Tempo de Amarelo ; TR₁ = TR₂ = Tempo de vermelho

3.2.4. Determinação do Tempo Perdido por Ciclo (L)

Tempo Perdido de um ciclo, ou simplesmente Tempo Perdido Total, é a parte do ciclo que não é efectivamente utilizada pelos veículos, o mesmo é determinado pela equação (9):

$$L = \sum_{i=1}^{\phi} (A_i + TR_i) = \sum_{i=1}^2 (A_i + TR_i)$$

(9)

$$L = A_1 + TR_1 + A_2 + TR_2$$

3.2.5. Máximas relações de fluxo actual (q), em relação ao fluxo de Saturação (S) por via para cada Fase.

As máximas relações de fluxo crítico, em relação ao fluxo de saturação por via de cada fase, matematicamente é definida pela equação (10):

$$Y_i = \frac{q_{i \max}}{S}$$

(10)

Onde:

$q_{i \max}$ = representa o fluxo crítico ou máximo por via da fase i

3.2.6. Determinação do Tempo do Ciclo (C0)

Denomina-se ciclo a sequência completa das indicações de uma sinalização semafórica. O tempo de ciclo é o tempo necessário para que um ciclo inteiro seja cumprido em uma intersecção, ou seção de via, e é determinado pela soma dos tempos de todos os estágios programados para o controle do tráfego no local, DENATRAN(1984).

De acordo com Webster (1958) citado por Cal *et al* (2007), com base na observação do campo e simulação de um amplo intervalo de condições de trânsito, demonstrou que a demora mínima de todos os veículos numa intersecção com semáforo pode se obter uma duração do ciclo óptimo através da equação (11):

$$C_o = \frac{1,5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i} \quad (11)$$

Onde:

C_o = tempo óptimo de ciclo em (s);

L = tempo total perdido por ciclo (s);

Y_i = máximo valor da relação entre o fluxo actual e o fluxo de saturação para o acesso ou movimento da via crítica da fase i ;

Φ = número de fase

3.2.7. Determinação do Tempo do Verde efectivo (g_T)

Tempo de verde efectivo de um estágio é o tempo que seria efectivamente utilizado pelo fluxo do grupo de movimentos críticos, se este fosse descarregado com valor igual ao fluxo de saturação, é dada pela equação 12:

$$g_T = C_o - L \quad (12)$$

Onde:

g_T = tempo do verde efectivo e L = tempo total perdido por ciclo

3.2.8. Determinação do Tempo verde efectivo para cada fase (g_1)

A determinação do tempo verde efectivo para cada fase, pode ser formulado através da equação 13:

$$g_1 = \frac{Y_1}{Y_1 + Y_2} \times g_T \quad (13)$$

3.2.9. Determinação dos Tempos Reais (G_1, G_2)

Tempo de verde real de um estágio é a duração do período em que o respectivo grupo focal permanece em verde, durante um ciclo, é determinado pela equação 14:

$$G_1 = g_1 + I_1 - A_1 - TR_1 \quad e \quad G_2 = g_2 + I_2 - A_2 - TR_2 \quad (14)$$

Onde:

G_1 e G_2 – tempos reais;

g_1 e g_2 – tempos de verde efectivo

CAPÍTULO IV - CAPÍTULO IV- ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DA SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA NO CRUZAMENTO DAS AVENIDAS 25 DE SETEMBRO E GUERRA POPULAR NA CIDADE DE MAPUTO.

4.1. Localização do cruzamento da avenida 25 de Setembro e avenida Guerra Popular, na Cidade de Maputo

O cruzamento das avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular, localiza-se no Bairro Central, no epicentro da Cidade de Maputo, designada por Baixa da Cidade. Ao redor do cruzamento das duas avenidas encontra-se uma grande variedade de estabelecimentos comerciais, nomeadamente: lojas, escritórios, mercado central, armazéns, residências, terminal de transporte público de passageiros, entre outros.

As duas avenidas possuem duas faixas de rodagem em cada sentido por toda extensão bem como o estacionamento de viaturas em ambos lados.

A Av. 25 de Setembro, bem como a Av. Guerra Popular possuem duas vias, cada com duas faixas de rodagem, faixas de desaceleração e zonas de estacionamento, essas faixas são separadas por um passeio central.

A Av. 25 de Setembro tem uma extensão de 2,19Km e 13 m de largura incluindo berma.

A **Figura 19** ilustra a configuração do cruzamento, das faixas bem como a organização do estacionamento.

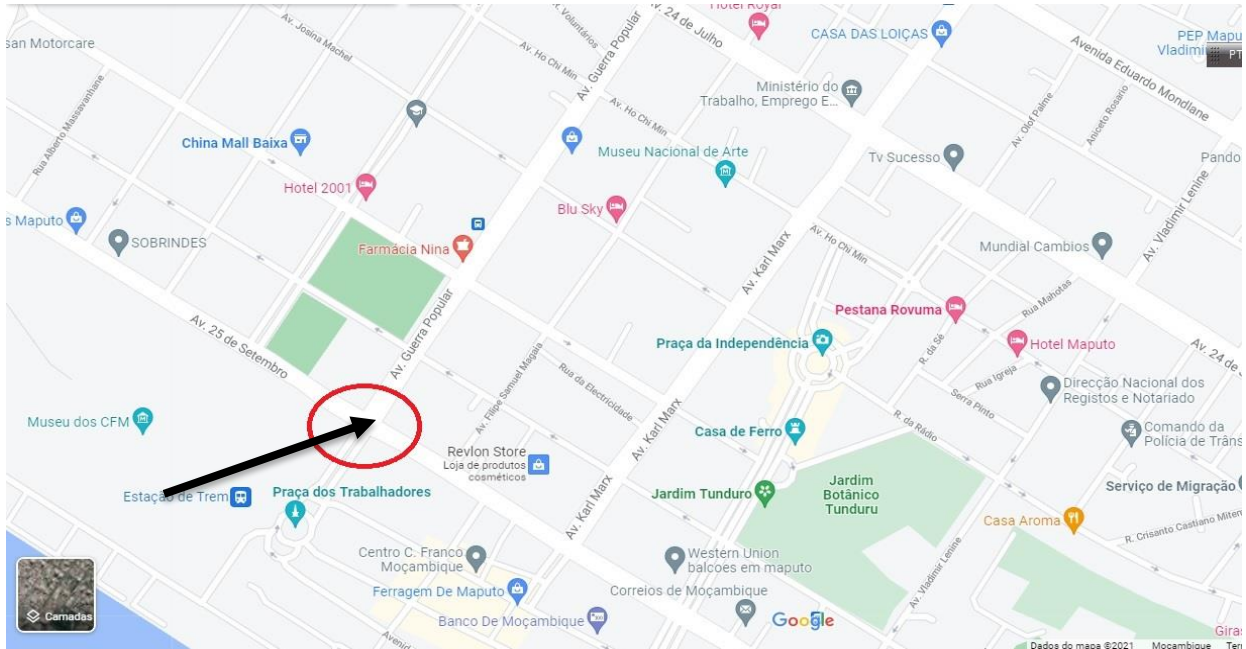


Figura 19: Cruzamento da Av. 25 de Setembro e Av. Guerra Popular.

Fonte: Google Maps.

O cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Av. Guerra Popular possui uma área de conflito com 142,6 m², que recebe viaturas vindo da Matola e Grande Maputo, como ilustra a **Figura 20**.

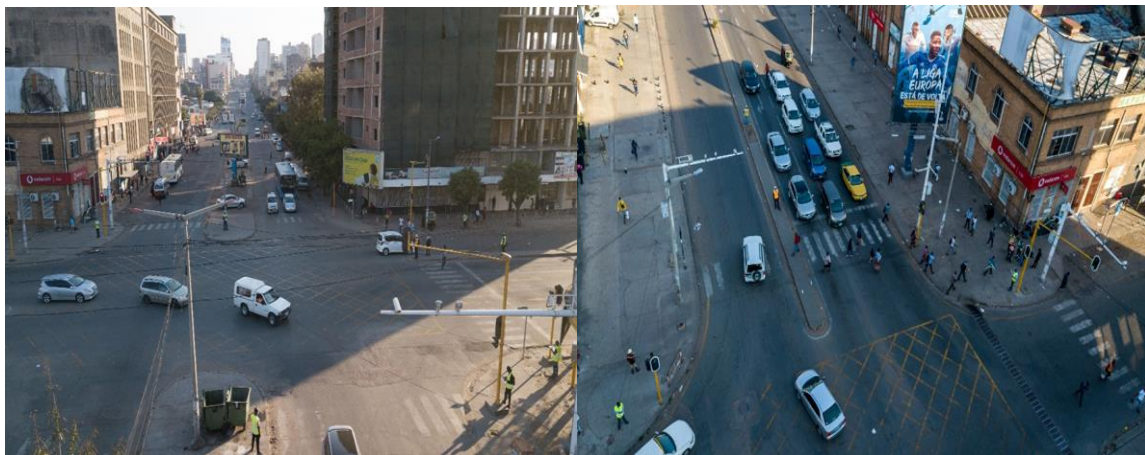


Figura 20: Cruzamento da Av. 25 de Setembro e Av. Guerra Popular, Cidade de Maputo.

Fonte: A autora (2021).

A **Figura 21** faz demonstração do desenho da sinalização horizontal ao longo da Av. 25 de Setembro e o cruzamento facilmente congestionável, zona de estacionamento de viaturas e as passadeiras para peões.

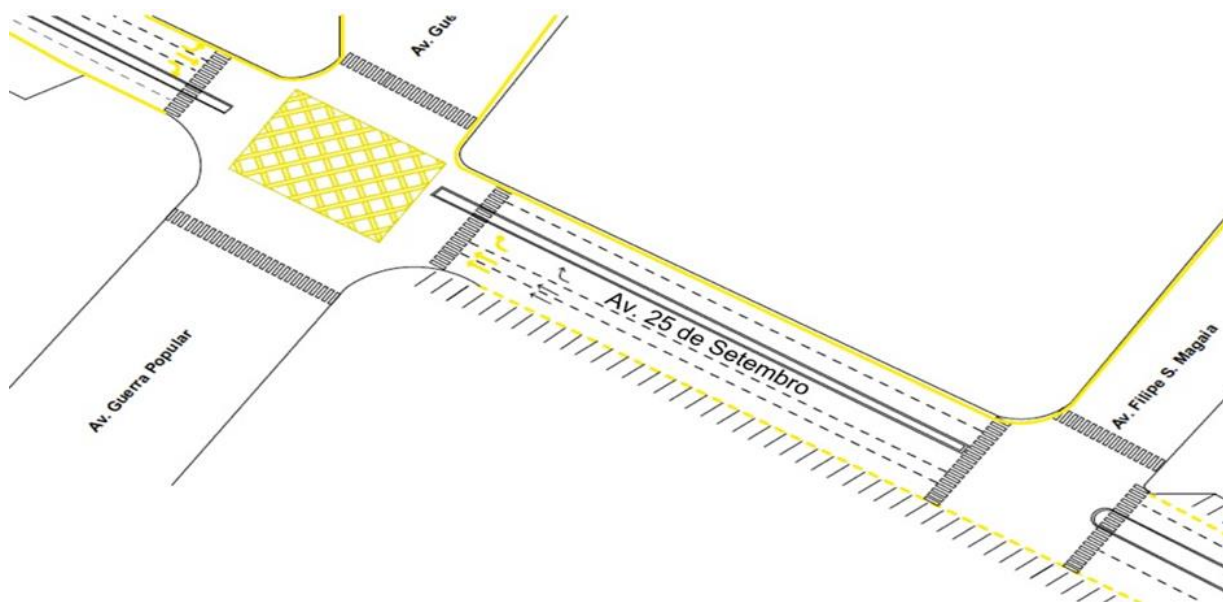


Figura 21: Traçado geométrico da Av, 25 de Setembro.

Fonte : A autora (2021).

4.1.1. Metodologia de Contagem de veículos no Cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

Para o presente estudo, foi utilizada a metodologia de contagem manual de veículos, de acordo com Vasconcelos (1982), são realizadas por pesquisadores posicionados ao lado das vias e que utilizam contadores manuais e uma folha de campo, que efectuam o registo de cada movimento dos veículos em intervalos de 15 minuto.

4.1.2. Diagrama de Estágio ilustrativo no Cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

Este diagrama de estágio demonstra os movimentos de veículos que ocorrem em simultâneo nas duas vias, como mostra a **Figura 22**.

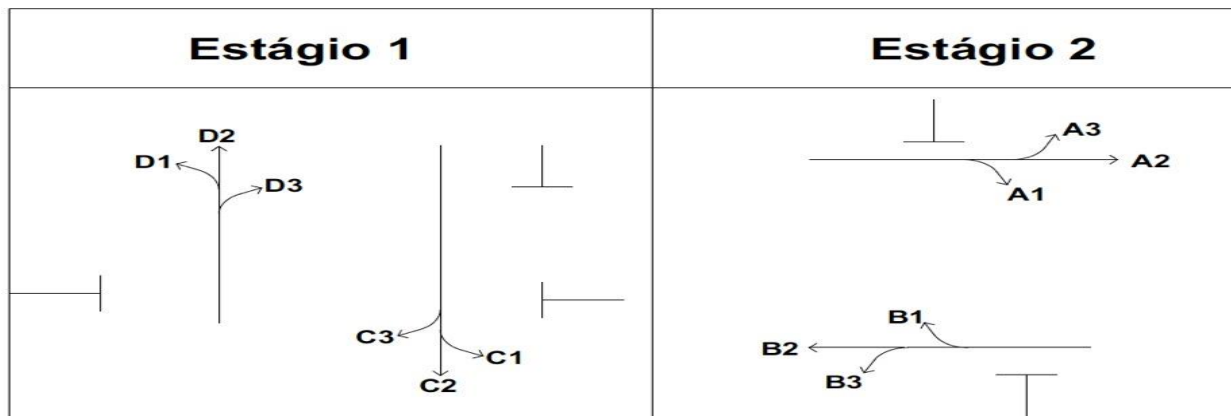


Figura 22: Diagrama de estágio dos movimentos dos veículos no cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

Fonte: A autora (2021).

4.1.3. Pressupostos do Cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

4.1.3.1. Condições do Cruzamento

Geometria

- N° de faixas, a via possui duas faixas com vias por cada sentido.
- Largura das faixas (m) = 3,0 m
- Desobstrução Lateral (m) = 1,8m
- Ortografia- terreno Plano.

a) Condições da rodovia

- Classificação da Via: Dividida
- Número total de ponto de acesso: 6 pontos

b) Velocidade

- A velocidade actual do veículo em fluxo livre 60Km/h

c) Tempos Semafóricos em segundos (s) – Actuais na Fase 1, 2 (Norte-Sul- Este-Oeste)

A Tabela 10, mostra os tempos semafóricos actuais do cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

Tempos Semafóricos em segundos (s)- Actuais					
Verde 1	Verde 2	Amarelo 1	Amarelo 2	Vermelho 1	Vermelho 2
45	20	2	2	45	70

Tabela 10: Tempos semafóricos actuais.

Fonte: A autora (2021).

4.1.3.2. Volume de Tráfego no Cruzamento das Avenidas Guerra Popular e 25 de Setembro

A **Tabela 11**, mostra o volume total de tráfego por classe no cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

Horas	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Total
06:00-06:15	89	16	14	0	119
06:15-06:30	172	6	26	0	204
06:30-06:45	1276	26	22	0	1324
06:45-07:00	443	33	13	0	489
07:00-07:15	507	30	24	0	561
07:15-07:30	716	24	19	0	759
07:30-07:45	766	20	21	0	807
07:45-08:00	739	12	18	0	769
Total	4.709	167	157	0	5.032

Tabela 11: Volume total de tráfego por classes.

Fonte: A autora (2021).

4.2. Dimensionamento da Capacidade da Via

Determinação da FFS (Velocidade de fluxo livre estimada (*mi/h*));

Volume de tráfego no cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

- V (Volume actual por hora) = 2516v/h
- Factor de hora de pico 0.92

Dados da Via

$$flw = 3,1$$

$$flc = 2,1$$

$$FN = 0$$

$$F_{iD} = 4$$

$$FSS = BFSS - Flw - Flc - FN - F_{iD}$$

$$FFS = 60 - 3,1 - 2,1 - 0 - 4$$

$$FFS = 50,8 \text{ Km/h}$$

Determinação do Fluxo horário

A **Tabela 12**, mostra o volume de veículos correspondente ao horário de pico no intervalo de 1 hora de 15 em 15 minutos no cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

Horas	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Total
06:30-06:45	1276	26	22	0	1324
07:15-07:30	716	24	19	0	759
07:30-07:45	766	20	21	0	807
07:45-08:00	739	12	18	0	769
Total	3.497	82	80	0	3.659

Tabela 12: Volume de veículos correspondente ao horário de pico num intervalo de 1 hora de 15 em 15 minutos.

Fonte: A autora (2021).

Rácio da ocupação da via

A **Tabela 13**, mostra a percentagem da ocupação de via pelos veículos num intervalo de 1 hora no cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

Horas	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Total
06:30-06:45	34,87 %	0,71%	0,60%	0	36,18%
07:15-07:30	19,57 %	0,66%	0,52%	0	20,75%
07:30-07:45	20,93 %	0,55%	0,57%	0	22,05%
07:45-08:00	20,20 %	0,33%	0,49%	0	21,02%
Total	95,57 %	2,24%	2,19	0	100%

Tabela 13: Percentagem da ocupação de via pelos veículos num intervalo de 1 hora.

Fonte: A autora (2021).

Tráfego Médio Horário

O tráfego médio diário é extraído com base nos dados de contagem de tráfego obtidos no terreno, para dois dias da semana, do período das 06:00 às 08:00.

Dados:

Dia da semana (Quinta-Feira) = 5.032 veículos

Volume do tráfego total do período das 6:00horas às 8:00 horas

$$V = \frac{5.032}{2}$$

$$V = 2,516 \text{ v/h}$$

Com base no rácio de ocupação e o volume de trafego total na hora de ponta escolhida definiu-se o número de veículos por classe de 1 hora em 1 hora, recomendada pelo (HCM 2000), como ilustra a **Tabela 14**:

Horas	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Total
06:00-06:15	89	16	14	0	119
06:15-06:30	172	6	26	0	204
06:30-06:45	1276	26	22	0	1324
06:45-07:00	443	33	13	0	489
Total 06:00- 07:00	1980	81	75		2.136
07:00-07:15	507	30	24	0	561
07:15-07:30	716	24	19	0	759
07:30-07:45	766	20	21	0	807
07:45-08:00	739	12	18	0	769
Total 07:00-8:00	2,728	86	82	0	2,896
Total	4.708	167	157	0	5.032

Tabela 14: Variação do volume de trafego de 1 em 1 hora.

Fonte : A autora (2021).

Cálculo do Factor de Hora de Maior Demanda

Dados:

$$VHMD = 2,890$$

$$Q_{15min} = 807$$

$$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(Q_{15min})}$$

$$FHMD_{15} = \frac{561+759+807+769}{4*807}$$

Pedido: FHMD₁₅ = 0,89

FHMD₁₅ = ?

Proporção de Camiões e Veículos de recreio na corrente de tráfego

A tabela 15, mostra a média de veículos para a determinação dos factos de ajuste perfeito de veículos pesados. Para realização de cálculos, retirou-se os dados da **Tabela 15**, que representa a média horária dos veículos.

Horas	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Total
06:00 as 07:00	1,980	81	75	0	2,136
07:00 as 08:00	2,728	86	82	0	2,896
Média Total	4,708	167	157	0	5.032

Tabela 15: Média horária de veículos para a determinação do factor de ajuste por efeito de veículos pesados.

Fonte: A autora (2021).

Dados:

$$\sum_{i=0}^{n=2} \text{Classe A} = 157v$$

$$\sum_{i=0}^{n=2} \text{Classe A, B} = 4,708 + 167 = 4,875$$

$$\sum_{i=0}^{n=2} \text{Classe A} + \text{Classe B} + \text{Classe C} = 4,708 + 167 + 157 = 5,032$$

Cálculos:

$$P_T = \frac{\sum_{i=1}^{n=2} (\text{Classe}_3)}{\sum_{i=1}^{n=2} \text{Classe}_1 + \text{Classe}_2 + \text{Classe}_3}$$

$$P_B = \frac{\sum_{i=1}^{n=2} (\text{Classe}_1)}{\sum_{i=1}^{n=2} \text{Classe}_1 + \text{Classe}_2 + \text{Classe}_3}$$

$$P_T = \frac{157}{4,708 + 167 + 157} = 3,12\%$$

$$P_B = \frac{4,708}{4,708 + 167 + 157} = 93,56\%$$

$$P_R = \frac{\sum_{i=1}^{n=2} (\text{Classe}_2)}{\sum_{i=1}^{n=2} \text{Classe}_1 + \text{Classe}_2 + \text{Classe}_3}$$

$$P_R = \frac{167}{4,708 + 167 + 157} = 3,32\%$$

Cálculo do Factor de Ajuste por efeito de veículos pesados

Dados:

$$P_T = 3,12\%$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100+3(1,5-1)+94(1,5-1)+3(1,2-1)} = 0,67\%$$

$$P_R = 3,32\%$$

$$P_B = 93,56\%$$

$$ET = 1,5$$

$$ER = 1,2$$

$$f_{HV} = ?$$

Cálculo do fluxo de Veículos

Dados:

$$V = 2896 \text{ veiculos}$$

$$V_P = \frac{V}{FHM_D \times N \times FH_V \times F_P}$$

$$FHM_D = 0,89$$

$$V_P = \frac{2896}{0,89 \times 2 \times 0,67 \times 1}$$

$$N = 2 \text{ faixas}$$

$$V_P = 2428 \text{ Veiculos ligeiros/h}$$

$$FH_V = 0,67 \%$$

$$F_P = 1$$

Pedido:

$$V_P = ?$$

Velocidade Média dos Automóveis

$$FFS = 70 \text{ Km/h}$$

$$S = FFS - [(3,0/28 FFS - 75/14) \times (V_P - 1400/25 FFS - 1250) 1.31]$$

$$S = 50,8 - [(3,0/28 \times 50,8 - 75/14) \times (2428 - 1400/25 \times 50,8 - 1250) 1.31]$$

$$S = 47,7 \text{ Km/h}$$

Densidade

$$D = \frac{V_P}{S}$$

$$D = \frac{2428}{47,7}$$

$$D = 50,9 \text{ veículos ligeiros /km/via}$$

De acordo com a tabela 9, a Densidade $D > 28$ veículos ligeiros/Km/via, logo o nível de serviço para este caso é o Nível F, tratando-se de um regime saturado forçado.

Cálculo de Fluxos Equivalentes

O fluxo é calculado com auxílio da equação abaixo, cujo os cálculos estão apresentados na Tabela 16.

$$q_{ADE} = \frac{VHM_D}{FHM_D} \times \frac{1}{FH_V}$$

Movimentos de Norte		
Movimento Directo (q_D)	Movimento a Esquerda (q_{VI})	Movimento a Direita (q_{VD})
$q_D = \frac{442}{0,89} \times \frac{1}{0,87}$ $q_D = 741 \text{ ADE/h}$	$q_{VI} = \frac{99}{0,89} \times \frac{1}{0,67}$ $q_{VI} = 166 \text{ ADE/h}$	$q_{VD} = \frac{75}{0,89} \times \frac{1}{0,67}$ $q_{VD} = 126 \text{ ADE/h}$
Fluxo Equivalente Total (q_t)		
$q_t = q_D + q_{VI} + q_{VD} = 741 + 166 + 126 = 1033 \text{ ADE/h}$		
Movimentos de Sul		
Movimento Directo (q_D)	Movimento a Esquerda (q_{VI})	Movimento a Direita (q_{VD})
$q_D = \frac{242}{0,89} \times \frac{1}{0,67}$ $q_D = 406 \text{ ADE/h}$	$q_{VI} = \frac{392}{0,89} \times \frac{1}{0,67}$ $q_{VI} = 657 \text{ ADE/h}$	$q_{VD} = \frac{81}{0,89} \times \frac{1}{0,67}$ $q_{VD} = 136 \text{ ADE/h}$
Fluxo Equivalente Total (q_t)		
$q_t = q_D + q_{VI} + q_{VD} = 406 + 657 + 136 = 1199 \text{ ADE/h}$		
Movimentos de Este		
Movimento Directo (q_D)	Movimento a Esquerda (q_{VI})	Movimento a Direita (q_{VD})
$q_D = \frac{1611}{0,89} \times \frac{1}{0,67}$ $q_D = 2702 \text{ ADE/h}$	$q_{VI} = \frac{156}{0,89} \times \frac{1}{0,67}$ $q_{VI} = 262 \text{ ADE/h}$	$q_{VD} = \frac{516}{0,89} \times \frac{1}{0,67}$ $q_{VD} = 892 \text{ ADE/h}$
Fluxo Equivalente Total (q_t)		
$q_t = q_D + q_{VI} + q_{VD} = 2702 + 262 + 892 = 3856 \text{ ADE/h}$		
Movimentos de Oeste		
Movimento Directo (q_D)	Movimento a Esquerda (q_{VI})	Movimento a Direita (q_{VD})
$q_D = \frac{340}{0,89} \times \frac{1}{0,67}$ $q_D = 570 \text{ ADE/h}$	$q_{VI} = \frac{35}{0,89} \times \frac{1}{0,67}$ $q_{VI} = 59 \text{ ADE/h}$	$q_{VD} = \frac{228}{0,89} \times \frac{1}{0,67}$ $q_{VD} = 382 \text{ ADE/h}$
Fluxo Equivalente Total (q_t)		
$q_t = q_D + q_{VI} + q_{VD} = 570 + 59 + 382 = 1011 \text{ ADE/h}$		

Tabela 16: Fluxos Equivalentes.

Fonte: A autora (2021).

O resumo dos resultados obtidos na tabela 16 em cada direcção da via, encontram-se apresentados na **Figura 23**, que faz menção ao número de veículos por cada movimento e direcção calculados através dos factores de maior demanda e o factor do fluxo de veículos, com objectivo de determinar o número de veículos que passam durante o período de contagem.

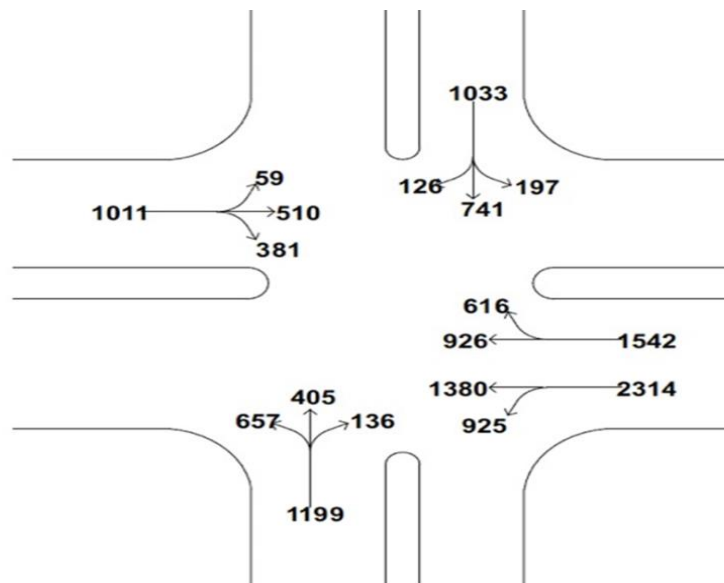


Figura 23: Distribuição de Fluxos críticos do cruzamento nas avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

Fonte: A autora (2021).

Cálculo do Intervalo de Mudança de Fase (y_1)

A **Tabela 17** abaixo, mostra o intervalo de mudança de fase, entre os cruzamentos das avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

Fase 1- Este-Oeste		
V = 60 Km/h	$W' = W + l$	$y_1 = (r + \frac{v}{2a}) + (\frac{W+l}{V})$
$V = 60 \text{ km/h} \left(\frac{1000}{1\text{km}}\right) \times \left(\frac{1}{3600\text{s}}\right)$ $V = 16,67\text{m/s}$	$\dot{W} = 3,6 + 3,6 + 1,2 \ 3,6 + 3,6 + 3$ $\dot{W} = 18,6\text{m}$	$y_1 = \left(1 + \frac{16,67}{2 \times 3,05}\right) + \left(\frac{18,6 + 6,10}{16,67}\right)$ $y_1 = 4 + 2 = 6$
Tempos de Mudança de Fase		
$A_1 =$ Amarelo = 4 s	$T_{2=}$ vermelho = 2 s	
Fase 1- Norte-Sul		
V = 60 Km/h	$W' = W + l$	$y_2 = (r + \frac{v}{2a}) + (\frac{W+l}{V})$

$V = 60 \text{ km/h} \left(\frac{1000}{1 \text{ km}} \right) \times \left(\frac{1}{3600 \text{ s}} \right)$ $V = 16,67 \text{ m/s}$	$\dot{W} = 3,6 + 3,6 + 36 + 3,6 + 3$ $\dot{W} = 17,4 \text{ m}$	$Y_2 = \left(1 + \frac{16,67}{2 \times 3,05} \right) + \left(\frac{17,4 + 6,10}{16,67} \right)$ $y_2 = 4 + 1 = 6$
Tempos de Mudança de Fase		
$A_2 =$ Amarelo = 4 s	$T_1 =$ vermelho = 1 s	

Tabela 17: Intervalo de mudança de fase.

Fonte: A autora (2021).

Cálculo do Tempo Perdido por Fase li.

$$I_1 = y_1 = A_1 + TR_2 = 4 + 2 = 6 \text{ s}$$

$$I_2 = y_2 = A_2 + TR_1 = 4 + 1 = 5 \text{ s}$$

Cálculo do Tempo Perdido por Ciclo (L)

$$L = \sum_{i=1}^{\varphi} (A_i + TR_i) = \sum_{i=1}^2 (A_i + TR_i) = 6 + 5 = 11 \text{ s}$$

Determinação do fluxo actual em relação ao fluxo saturado

A **Tabela 18**, ilustra o fluxo actual em relação ao fluxo saturado.

$Y_i = \frac{q_i \text{ max}}{S}$	$S = 3942$	
	$q_1 \text{ max} = 2314$	$q_2 \text{ max} = 1199$
	$Y_1 = \frac{2314}{3942} = 0,587$	$Y_2 = \frac{1199}{3942} = 0,304$

Tabela 18: Fluxo actual em relação ao fluxo saturado.

Fonte : A autora 2021

Cálculo do comprimento do ciclo

$$C_0 = \frac{1,5L+5}{1-\sum_{i=1}^{\varphi} Y_i} = \frac{1,5 \times L+5}{1-Y_1-Y_2} = \frac{1,5 \times 11+5}{1-0,587-0,304} = 197,2 \text{ s}$$

Cálculo do tempo verde efectivo

$$g_T = C_0 - L = 197 - 11 = 186 \text{ s}$$

Cálculo do tempo verde efectivo para cada fase.

$$g_1 = \frac{Y_1}{Y_1+Y_2} \times g_T = \frac{0,587}{0,587+0,304} \times 186 = 123 \text{ s}$$

$$g_2 = \frac{Y_2}{Y_2+Y_1} \times g_T = \frac{0,304}{0,304+0,587} \times 186 = 64 \text{ s}$$

Cálculo de Tempos Reais (Gi).

$$G_1 = g_1 + I_1 - A_1 - TR_1 = 123 + 5 - 4 - 2 = 123 \text{ s}$$

$$G_2 = g_2 + I_2 - A_2 - TR_2 = 64 + 6 - 4 - 2 = 64 \text{ s}$$

Fase 1, 2 (Norte-Sul- Este-Oeste)

A **Tabela 19**, apresenta os intervalos luminosos calculados e os actuais no cruzamento entre as avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

Intervalos Luminosos em segundos (s) - Calculados					
Verde 1	Verde 2	Amarelo 1	Amarelo 2	Vermelho 1	Vermelho 2
123	64	4	4	70	127
Intervalos Luminosos em segundos (s)- Actuais					
Verde 1	Verde 2	Amarelo 1	Amarelo 2	Vermelho 1	Vermelho 2
45	20	2	2	45	70

Tabela 19: Intervalos luminosos calculados e actuais.

Fonte: A autora (2021).

4.2.1. Diagramas de Intervalos Luminosos no Cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

As figuras 24 e 25, apresentam diagramas de intervalos luminosos no cruzamento das Avenidas 25 de Setembro e Guerra Popular.

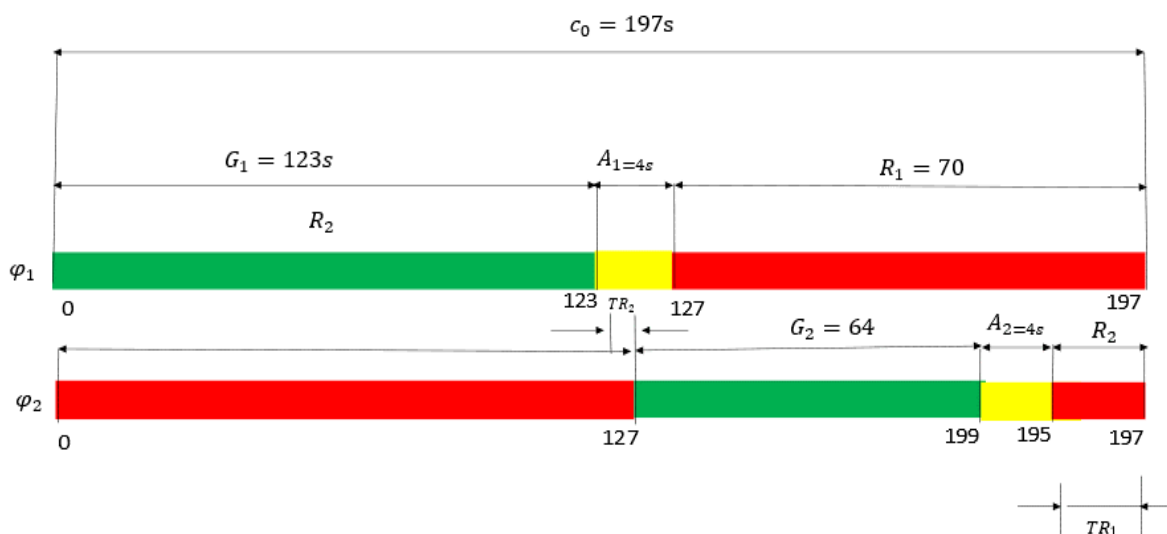


Figura 24: Diagrama de intervalo luminoso para o tempo de ciclo 197 s calculado.

Fonte: A autora (2021).

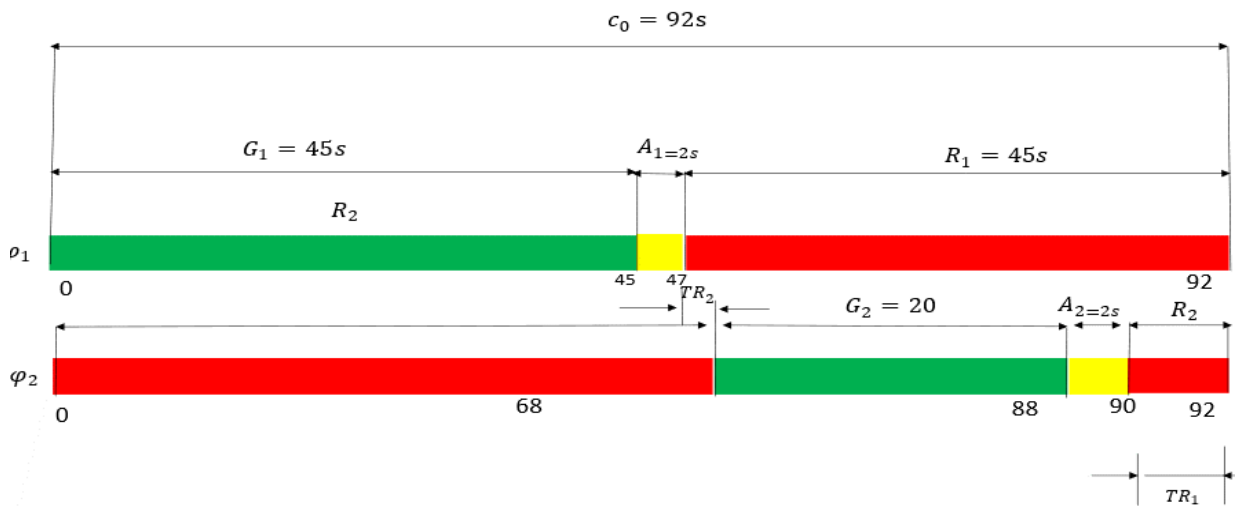


Figura 25: Diagrama de intervalos Luminosos para o tempo de ciclo $92s$ actuais.

Fonte: A autora (2021).

CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES:

Os estudos de tráfego de uma cidade são extremamente importantes para os trabalhos relacionados à engenharia de tráfego e considerando a sua importância, infere-se que os mesmos devem ser feitos com maior frequência de modo a produzir estudos baseados em dados actualizados que englobem a variação da demanda de veículos e pedestres.

A constante actualização dos estudos irá influenciar positivamente nos resultados das medidas de engenharia adoptadas. Conforme DNIT (2006), a utilização da sinalização semafórica na intersecção é uma necessidade, devendo o semáforo ser utilizado como última opção de controle viário sem que haja a intervenção física na intersecção.

No contexto do estudo de intersecções adoptadas no presente estudo de caso, a Candidata propôs-se analisar a programação do semáforo existente e realizar um novo projecto de programação baseado nos dados obtidos em campo e em características geométricas da intersecção, com o intuito de proceder a melhoria da qualidade de escoamento e aumento do conforto dos usuários. No estudo tomou-se como pressuposto a presença de filas semafóricas e trânsito saturado nos horários de pico.

5.1. Conclusões

Assim, o presente estudo concluiu o seguinte:

- O levantamento *in loco* no campo demonstrou a existência de uma elevada concentração de veículos no centro da cidade;
- A avenida 25 de Setembro relativamente a Av. Guerra Popular é a mais solicitada e saturada devido ao fluxo de veículos de classe A, provenientes dos Bairros suburbanos do Município da Matola que usam esta como acesso principal;
- Nas horas do pico como forma de descongestionar a via e flexibilizar o escoamento, a regulação do trânsito é feito com auxílio de agentes de trânsito, independentemente do tempo semafórico;
- As contagens de tráfego mostraram que o maior movimento de veículos acontece entre 06:45h e 08:00h, período para a qual o novo dimensionamento foi realizado;

- O fluxo de tráfego total de 5.032 veículos da avenida 25 de Setembro excedeu o limite de 2400, comprometendo o nível F (trânsito forçado) (HCM, 2000) no cruzamento da avenida com a Guerra Popular nas horas de pico;
- O tempo de verde para o estágio G1 da programação projectada é superior em relação ao tempo verde G1 da programação existente, na ordem de 36,58%, acontecendo o mesmo o estágio G2 projectado e o estágio G2 existente. Vide o resumo da tabela apresentado abaixo.

Intervalos Luminosos em segundos (s) – Calculados G1					
Verde 1	Verde 2	Amarelo 1	Amarelo 2	Vermelho 1	Vermelho 2
123	64	4	4	70	127
Intervalos Luminosos em segundos (s)- Actuais G2					
Verde 1	Verde 2	Amarelo 1	Amarelo 2	Vermelho 1	Vermelho 2
45	20	2	2	45	70

- Portanto, a programação proposta no estudo poderá resumir-se no aumento no tempo total do ciclo e redução do tempo de espera, e conseqüentemente melhorando as filas de trânsito e as demoras.

5.2. Recomendações Para Estudos Futuros.

Resultante desta pesquisa, recomenda-se o seguinte:

- Adequar as normas de sinalização rodoviária às realidades actuais das estradas face à grande demanda de tráfego e a falta de recursos para construção de novas estradas alternativas ou por falta terras para expansão de estradas;
- Realizar estudos que melhorem a transitabilidade e mobilidade tendo em conta o crescimento do parque automóvel;

- Melhorar as condições de sinalização quer gráfica bem como a luminosa em locais com uma maior demanda de veículos como forma de mitigação de acidentes e de disciplinar os automobilistas; e,
- Incluir nas Universidades nos cursos de Engenharia Civil, a Disciplina de Engenharia de Tráfego que poderá leccionar assuntos ligados a segurança rodoviária.

BIBLIOGRAFIA

Referências bibliográficas

1. AASHTO – *American Association Standard and Transportation Officials, a policy on Geometric Desins of Highway and Streets, Highway Subcommittee on Design 2000-2001.*
2. CONTRAN, Conselho Nacional de Trânsito, Sinalização Horizontal, 1ª Edição. Volume IV, Brasília,2007;
3. CONTRAN, Conselho Nacional de Trânsito, Volume V do Manual de Sinalização Semafórica, (2014, p. 55-59).
4. Decreto da lei n.º 01/2011 da República de Moçambique. Que aprova o Código de Estradas;
5. DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. Manual de Semáforos. 2ª Edição. Brasília: DENATRAN, 1984.
6. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, Manual de Estudos de Tráfego. Publicação IPR 723, 2006.
7. DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). Manual de Sinalização de Trânsito Volume V – Sinalização Semafórica. Brasília: CONTRAN, 2014.
8. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, Washington, D.C.
9. Ingenieria de Trânsito, Fundamentos e Aplicações, 8ª edição, Rafael Caly Major R e James Cardenas G.
- 10.Lima, Cleiton M. V. Optimização de Transito – Uma Abordagem Utilizando Algoritmos Genéricos. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2005.
- 11.Webster F.V. e Cobbe B.M. (1966) *Traffic Signals. Road Research Laboratory Technical Paper No. 56, London, U.K*
- 12.GREGÓRIO, N. D. Ferreira. Sinalização rodoviária em meio urbano: proposta de abordagem aplicada à realidade portuguesa. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2011.
13. Vasconcelos, Eduardo. A.-1982 Pesquisas e levantamentos de tráfegos. São Paulo, Companhia de Engenharia de Tráfego, 184p.