



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil
Área de Transportes e Gestão das Infra-estruturas Urbanas

MINI-ROTATÓRIAS: CONTRIBUIÇÃO NA REDUÇÃO DE CONFLITOS
EM INTERSEÇÕES URBANAS

João Paulo Barbosa da Costa

Recife, PE
Agosto de 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil
Área de Transportes e Gestão das Infra-estruturas Urbanas

MINI-ROTATÓRIAS: CONTRIBUIÇÃO NA REDUÇÃO DE CONFLITOS
EM INTERSEÇÕES URBANAS

João Paulo Barbosa da Costa

Orientador: Oswaldo Cavalcanti da Costa Lima Neto, Dr. Ing.

Recife, PE
Agosto de 2010

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

C837m Costa, João Paulo Barbosa da.

Mini-rotatórias: contribuição na redução de conflitos em interseções urbanas / João Paulo Barbosa da Costa. - Recife: O Autor, 2010.

107 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Cavalcanti da Costa Lima Neto.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2010.

Inclui Referências Bibliográficas e anexos.

MINI-ROTATÓRIAS: CONTRIBUIÇÃO NA REDUÇÃO DE CONFLITOS EM INTERSEÇÕES URBANAS

João Paulo Barbosa da Costa

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, COMO PARTE INTEGRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL.

Banca Examinadora:

Oswaldo Cavalcanti da Costa Lima Neto.
Orientador, Dr. Ing.

Maria Leonor Alves Maia.
Examinador Interno, , Ph.D.

Walter Porto Junior.
Examinador Externo, Dr. Ing.

Recife, PE
Agosto de 2010

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Antônio e Rita por tudo que representam na minha vida.

AGRADECIMENTOS

A DEUS fonte infinita de sabedoria, por sempre estar ao meu lado nesta vida tão maravilhosa;

Aos meus pais Antônio e Rita por me trazer ao Mundo e me educar;

Agradeço enormemente ao Professor Dr. Ing. Oswaldo Cavalcanti pela indispensável orientação, paciência, por acreditar, apoiar e incentivar. É um Grande amigo e exemplo;

Ao Professor Anísio Brasileiro pelo convite para participar do Mestrado;

A Professora Maria Eleonor Maia pelo incentivo e exemplo;

Ao Professor Enilson Santos;

Aos amigos do mestrado José Augusto (Velha Baraúna), Graça Mousinho (Brasão), Adriano, Ana Carla, Diego Henrique, Daniel Luna, Renner, Enildo, José Paes, Celso, Luciana Assis, Geise, Ângela Carneiro e a todos os outros pelo incentivo;

À Maia Melo Engenharia, na pessoa do Diretor Presidente Rogério Giglio;

Aos amigos de trabalho Fernando Melo, Yéda, Alexandre Melo, Fábio Albuquerque, Maurício Lemos, Tagyane, Layza e Romildo;

Aos meus irmãos Evandro, Ernandes, Joelma, Joel, Josué, Fernando, Gorete pelo incentivo e apoio;

A minha tia Maria e as minhas primas Cristina, Ana Lúcia, Fabiana e Marilene;

A minha namorada Laís Cabral;

Aos meus amigos Edvan, Polliana, Hélio, Juliana Bianco, Breno Melo, Maurício Filho, Inaldo, Andrea Negromonte, Lourival Junior, Laudicea, Deivison, Stive Osca, Célia Braga e a todos os outros pela amizade;

A CET-SP na pessoa Sérgio Barnabé, Luciana Delbem e Ivo;

A CTTU/Recife especialmente a Rose, Márcio Saraiva e Damaceno pela disponibilização de informações;

Ao CAPES pelo apoio financeiro para a realização do Mestrado em Transportes.

“Descobri como é bom chegar quando se tem paciência. E para se chegar, onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso, antes de mais nada, querer.”

Amyr Klink

“Sonhe com o que você quiser. Vá para onde você queira ir. Seja o que você quer ser, porque você possui apenas uma vida e nela só temos uma chance de fazer aquilo que queremos. Tenha felicidade bastante para fazê-la doce. Dificuldades para fazê-la forte. Tristeza para fazê-la humana. E esperança suficiente para fazê-la feliz.”

Clarice Lispector

RESUMO DA DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL.

MINI-ROTATÓRIAS: CONTRIBUIÇÃO NA REDUÇÃO DE CONFLITOS EM INTERSEÇÕES URBANAS

João Paulo Barbosa da Costa

Orientador: Oswaldo Cavalcanti da Costa Lima Neto

Esta dissertação aborda duas medidas de engenharia de tráfego utilizadas com a finalidade de redução de conflitos e acidentes de trânsito em interseções urbanas. Nesse sentido, destaca-se a contribuição das mini-rotatórias. Apesar de sua ampla utilização em todo o mundo, as mini-rotatórias são pouco empregadas no Brasil. Pela falta de estudos nacionais sobre mini-rotatórias as referências para seu emprego e dimensionamento são de bibliografia estrangeira. O texto mostra a possibilidade de gestão do tráfego urbano com a utilização de recursos materiais, capazes de garantir mais segurança para as vias, através da implantação de mini-rotatórias como uma sinalização econômica. O estudo de caso realizado nas mini-rotatórias em operação na cidade do Recife, mostrou que em 7 anos ocorreram apenas 23 acidentes com danos materiais, 1 acidente com ferido, e em todo o período não há registros de acidentes com vítima fatal; outro dado importante é que o volume médio diário (VMD) de todas as mini-rotatórias estudadas estão acima dos padrões internacionais e este fator não compromete seu funcionamento. Os custos de implantação e manutenção das mini-rotatórias são inferiores aos custos de implantação de semáforos. A implantação de um semáforo varia de R\$ 16.000,00 a R\$ 35.000,00 conforme o tipo de cruzamento. Enquanto que a instalação de uma mini-rotatória varia de R\$ 7.000,00 a R\$ 12.000,00 devido à presença ou não de uma ilha central elevada em asfalto ou outro material. Por outro lado observa-se que há um descaso total na conservação deste dispositivo pelo órgão gestor de trânsito do Recife, isto resulta da falta de estudos e informações técnicas, aliados a tradição do emprego generalizado do semáforo, com base na crença equivocada de que este é o único sistema de controle que garante mais segurança no trânsito em interseções urbanas.

Palavras chaves: engenharia de tráfego, interseções urbanas, conflitos de tráfego, acidentes em interseções, rotatórias, mini-rotatórias.

Recife, PE
Agosto de 2010

ABSTRACT OF THE DISSERTATION SUBMITTED TO THE FEDERAL UNIVERSITY OF PERNAMBUCO AS PART OF THE NECESSARY REQUIREMENTS FOR THE OBTAINING OF MASTER´S DEGREE IN CIVIL ENGINEERING.

MINI-ROUNDBABOUTS: CONTRIBUTION IN THE REDUCTION OF CONFLICTS IN URBAN INTERSECTIONS.

STUDENT: João Paulo Barbosa da Costa

TUTOR: Oswaldo Cavalcanti da Costa Lima Neto

This dissertation approaches engineering measures used for the purpose of reducing conflicts and traffic accidents in urban intersections. In this sense, the contribution of mini-roundabouts stands out. Despite its widespread use around the world, mini-roundabouts are little used in Brazil. For lack of national studies on mini-roundabouts, references to its use and sizing are from foreign bibliography. The text shows the possibility of urban traffic management with the use of material resources, able to ensure security for the channels, through the introduction of mini-roundabouts as an economic signaling. The case study on mini-roundabouts in operation in the city of Recife, showed that in seven years there were only 23 accidents with property damage, an accident with injury, and throughout the period there are no records of accidents involving fatality, another important fact, the average daily volume (ADV) of all mini-roundabouts studied are above the international standards and this factor does not affect its operation. The costs of implementation and maintenance of mini-roundabouts are inferior when compared to traffic lights. The implementation of semaphore varies from R\$ 16.000,00 R\$ 35.000,00 depending on the type of intersection. While the installation of a mini-roundabout ranges from R\$ 7.000,00 to R\$ 12.000,00 due to the presence or absence of an elevated central island in asphalt or other material. On the other hand it is observed that there is a total disregard for the conservation of this device by traffic management organ of Recife, this results from the lack of studies and technical information, combined with the tradition of the widespread use of the semaphore, based on the mistaken belief that this is the only control system that ensures greater safety in urban traffic intersections.

Keywords: traffic engineering, urban intersections, traffic conflicts, accidents at intersections, roundabouts, mini-roundabouts.

Recife, PE
Agosto de 2010

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	15
1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	16
1.1 Introdução	16
1.2 Relevância	19
1.3 Objetivos	20
1.3.1 Objetivo geral	20
1.3.2 Objetivos específicos	20
1.4 Limitações	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 Principais publicações sobre o tema	22
3. QUADRO CONCEITUAL	24
3.1 Os conflitos de Tráfego	24
3.2 Os acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras	32
3.3 A sinalização semafórica	36
3.3.1 Manual de Semáforos do DENATRAN (1984)	37
3.3.2 Manual de Sinalização Semafórica da CET- São Paulo (2003)	42
3.4 As Rotatórias	52
3.4.1 As características geométricas das rotatórias	54
3.5 Mini-rotatórias	62
4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	77
4.1 Mapeamento das mini-rotatórias existentes no Recife	78
4.2 Características geométricas das mini-rotatórias	81
4.3 Análise dos projetos de sinalização das mini-rotatórias	85
4.4 Contagem volumétrica e classificatória	89
4.5 Os acidentes de trânsito em mini-rotatórias;	93
4.6 Os custos de utilização do semáforo x mini-rotatórias;	95
4.7 A opinião de alguns engenheiros de tráfego sobre a utilização de mini-rotatórias.	97
5. CONSIDERAÇÕES	99
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXOS	

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CET-SP: Companhia de Engenharia de Tráfego - São Paulo;

CNM: Conferencia Nacional dos Municípios;

CONTRAN: Conselho Nacional de Trânsito;

CTB: Código de Trânsito Brasileiro;

CTTU/ Recife: Companhia de Trânsito e Transporte Urbano;

DATASUS: Departamento de Informática do SUS;

DCI: Diâmetro do Circulo Inscrito;

DENATRAN: Departamento Nacional de Trânsito;

DETRAN/PE: Departamento Estadual de Transito de Pernambuco;

DFR: Divisores de Faixa de Rolamento;

DIC: Diâmetro da Ilha Circular;

DNIT: Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes;

DP: Distância de Visibilidade de Parada;

DPr : Diretoria de Projetos

DPVAT: Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre;

EMTU/ Recife: Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos;

FC: Faixa de Circulação ou Canalização;

FHWA: Federal Highway Administration

GOES: Gerência Operacional de Estatísticas;

IC: Ilha Central;

IPEA: Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicada;

ITE: Institute of Transportation Engineers;

MUTCD: Manual on Uniform Traffic Control Devices;

RENAEST: Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito.

SIM: Sistema de Informações sobre Mortalidade

SUS: Sistema Único de Saúde;

TRRL: Transport and Road Research Laboratory;

UCP: Volumes Equivalentes de Carros de Passeio;

URB/Recife: Empresa de Urbanização do Recife;

VMD: Volume Médio Diário.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01: Estimativas de crescimento da população urbana e da frota de veículos, 1995 - 2010.
- Figura 02 – Pontos de conflito de uma interseção de quatro ramos.
- Figura 03: Conflito tipo 1 Mesma direção, conversão à esquerda.
- Figura 04: Conflito tipo 2 Mesma direção, conversão à direita.
- Figura 05: Conflito tipo 3 Mesma direção, movimento em frente.
- Figura 06: Conflito tipo 4 Mesma direção, mudança de faixa.
- Figura 07: Conflito tipo 5 Direção Oposta, conversão à esquerda.
- Figura 08: Conflito tipo 6 Direção à direita, conversão à direita.
- Figura 09: Conflito tipo 7 Direção Oposta, conversão à esquerda.
- Figura 10: Conflito tipo 8 Direção à direita, movimento em frente.
- Figura 11. Conflito tipo 9 Direção à esquerda, conversão à direita.
- Figura 12. Conflito tipo 10 Direção à esquerda, conversão à esquerda.
- Figura 13. Conflito tipo 11 Direção à esquerda, movimento em frente.
- Figura 14. Conflito tipo 12 Direção oposta, conversão à direita.
- Figura 15. Conflito tipo 13 Conflito com pedestre, esquina posterior.
- Figura 16. Conflito tipo 14 Conflito com pedestre, esquina anterior.
- Figura 17. Conflito tipo 15 Conflito com pedestre, conversão à direita.
- Figura 18. Conflito tipo 16 Conflito com pedestre, conversão à esquerda.
- Figura 19. Critérios que justificam a implantação de um novo semáforo segundo o DENATRAN(1984).
- Figura 20: Critérios que justificam a implantação de um novo semáforo segundo os motivos relacionados ao aspecto da segurança viária CET (2003).
- Figura 21: Critérios que justificam a implantação de um novo semáforo segundo os motivos relacionados ao aspecto da fluidez dos veículos CET (2003).
- Figura 22: Critérios que justificam a implantação de um novo semáforo segundo os motivos relacionados ao aspecto do tempo de espera de pedestres CET (2003).
- Figura 23: Quantidade de acidentes antes e depois das implantações semaforicas na Cidade de Fortaleza.
- Figura 24: Evolução Tecnológica das Rotatórias.
- Figura 25: Largura efetiva de entrada de uma rotatória .
- Figura 26: Critério de visibilidade do Anel.
- Figura 27. Mini-Rotatória.
- Figura 28. Rotatória Urbana Compacta.
- Figura 29. Rotatória Urbana com uma faixa de tráfego.
- Figura 30: Rotatória Urbana com duas faixas de tráfego.
- Figura 31. Rotatória Rural com uma faixa de tráfego.
- Figura 32. Rotatória Rural com duas faixas de tráfego.
- Figura 33: mini-rotatória com ilha central física.
- Figura 34: Mini-rotatória demarcada com sinalização horizontal.
- Figura 35: Pontos de conflitos de tráfego antes da mini-rotatória.
- Figura 36: Pontos de conflitos de tráfego depois da mini-rotatória.
- Figura 37. Passos no planejamento de uma mini-rotatória.
- Figura 38: Dimensão da ilha central incorreta, permitindo manobras perigosas pelos condutores.

Figura 39: Prolongamentos dos divisores de faixa de rolamento além da linha de cedência de preferência e o aumento do diâmetro da ilha central, ocasionando uma maior segurança na utilização do cruzamento, respectivamente.

Figura 40: Principais elementos de projeto de uma mini-rotatória.

Figura 41: Placa A12 instalada a 40 metros antes do cruzamento.

Figura 42: Vista da Placa A12 instalada a 40 metros antes do cruzamento.

Figura 43: Placas R6 c1 e R6 c2, instaladas a 12 m do cruzamento (Proibido estacionar e parar, Início e Fim).

Figura 44: Vista da Placa R6 c1, instalada a 12 m do cruzamento (Proibido estacionar e parar, Início).

Figura 45: Placas R2 e R 33 (Dê a Preferência e Sentido Circular Obrigatório).

Figura 46: Vista das placas R2 e R33 (Dê a Preferência e Sentido Circular Obrigatório).

Figura 47: Sinalização horizontal de uma mini-rotatória.

Figura 48: Vista da sinalização horizontal de uma mini-rotatória.

Figura 49: Localização das mini-rotatórias estudadas na Cidade do Recife.

Figura 50: Mini-rotatória do cruzamento da rua Estrada de Belém com a Av. Luis Correia de Brito.

Figura 51: Mini-rotatória do cruzamento da rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel.

Figura 52: Mini-rotatória do cruzamento da rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes.

Figura 53: Mini-rotatória do cruzamento da Av. General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá.

Figura 54: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada das Ubaias com a Rua Conselheiro Nabuco.

Figura 55: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito.

Figura 56: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes.

Figura 57: Mini-rotatória do cruzamento da Avenida General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá.

Figura 58: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada das Ubaias com a Rua Conselheiro Nabuco.

Figura 59: Mini-rotatória do cruzamento da Rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel.

Figura 60. Mini-rotatória do cruzamento da Rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel.

Figura 61. Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito.

Figura 62: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes.

Figura 63: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada das Ubaias com a Rua Conselheiro Nabuco.

Figura 64: Mini-rotatória no cruzamento da Avenida General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Número de vítimas de acidentes no Brasil.

Tabela 02: Registros de mortes no Trânsito do Brasil.

Tabela 03: Indicadores de Acidentes de Trânsito para países selecionados – 2000

Tabela 04: Volumes veiculares mínimos.

Tabela 05: Interrupção de tráfego contínuo.

Tabela 06: Critérios para implantação de semáforo devido aos acidentes.

Tabela 07: Distâncias de visibilidade.

Tabela 08: Distâncias recomendadas no critério da visibilidade do anel.

Tabela 09: Tipos de rotatórias e características do projeto.

Tabela 10: Volume Médio Diário na interseção.

Tabela 11: Características geométricas das mini-rotatórias estudadas.

Tabela 12: Volumes veiculares mínimos nas mini-rotatórias estudadas.

Tabela 13: Resumo do VMD nas mini-rotatórias estudadas.

Tabela 14: Critérios da Interrupção do tráfego contínuo.

Tabela 15: Estatísticas de acidentes de trânsito em mini-rotatórias na cidade do Recife no período de 2003 a 2009.

Tabela 16: Acidentes de trânsito em cruzamentos no Recife.

APRESENTAÇÃO

Este trabalho aborda duas medidas de engenharia de tráfego utilizadas em interseções urbanas, em especial mini-rotatórias, fazendo uma análise de sua importância na redução de conflitos de tráfego bem como de sua eficácia na diminuição de acidentes de trânsito em interseções urbanas.

A estrutura desta dissertação é composta de 5 capítulos. O primeiro capítulo tem-se uma abordagem sobre a introdução, a relevância, os objetivos geral e específicos da problemática analisada e, em especial, as limitações a que este trabalho está submetido. No segundo capítulo está a revisão bibliográfica com algumas das principais publicações sobre o tema.

No terceiro capítulo está o quadro conceitual desta dissertação, este capítulo aborda os principais conceitos explorados no estudo.

A procedimento metodológico utilizado para a elaboração desta dissertação está descrito no capítulo 4. Neste capítulo encontram-se os métodos utilizados em cada etapa do trabalho, a aplicação prática do quadro conceitual e uma análise dos resultados obtidos. Resultados estes que levarão ao entendimento e possíveis respostas as questões formuladas.

Finalizando esta dissertação, o capítulo 5 apresenta as considerações sobre os elementos pesquisados, as respostas às indagações formuladas e as recomendações para futuras pesquisas.

1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

1.1. INTRODUÇÃO

As altas taxas de motorização, Figura 01, a que estão submetidas as cidades brasileiras, associadas à falta de planejamento urbano e a precariedade das redes viárias e das condições do transporte público e não motorizado, são responsáveis pelos elevados níveis de congestionamento nelas existente.

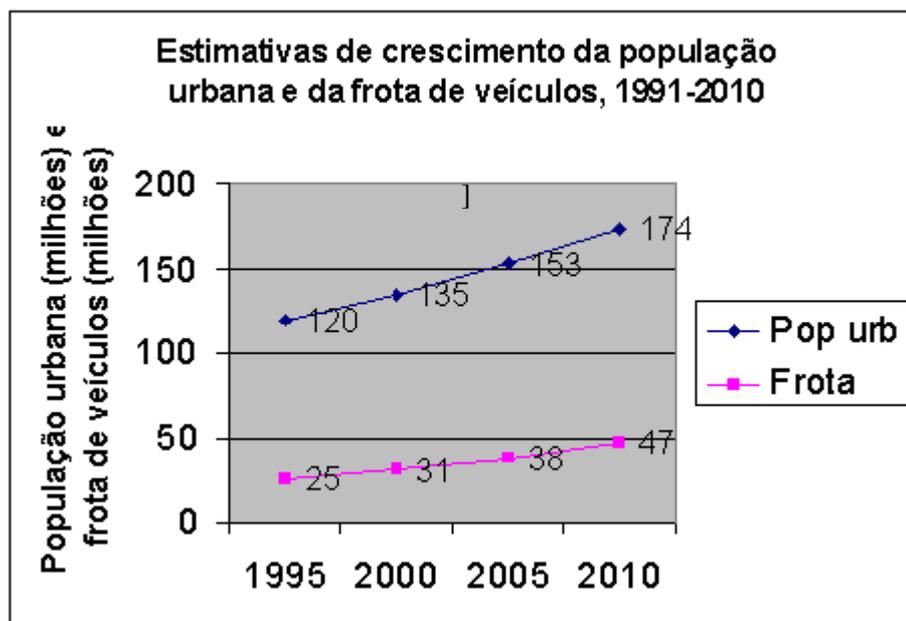


Figura 01: Estimativas de crescimento da população urbana e da frota de veículos, 1995 -2010.
Fonte: ANTP (2007).

As externalidades deste processo são muitas e graves: poluição atmosférica, grande quantidade de horas perdidas, alto nível de estresse, alto nível de acidentes, entre outros.

Em função do acelerado ritmo de urbanização e da crescente taxa de motorização, o deslocamento de pessoas, bens e serviços nas cidades e regiões metropolitanas estarão fortemente comprometidos, pois os sistemas viários não se amoldam facilmente a esses intensos incrementos, resultando em grandes perdas econômicas, sociais e ambientais.

Dentre diversas alternativas para minorar este problema, estão certamente medidas adequadas e coerentes de engenharia de tráfego. Todos sabem que as interseções viárias são pontos nevrálgicos do funcionamento de uma rede viária de transportes, pois é lá onde se perde mais tempo e onde ocorre grande parte dos acidentes. Nas interseções ocorrem movimentos de

fluxos que divergem, convergem e se cruzam. São os denominados pontos de conflitos. Por exemplo, numa interseção de quatro ramos, muito comum em nosso sistema viário urbano temos 32 pontos de conflitos, quer dizer pontos potenciais de colisão, como mostra a Figura 2.

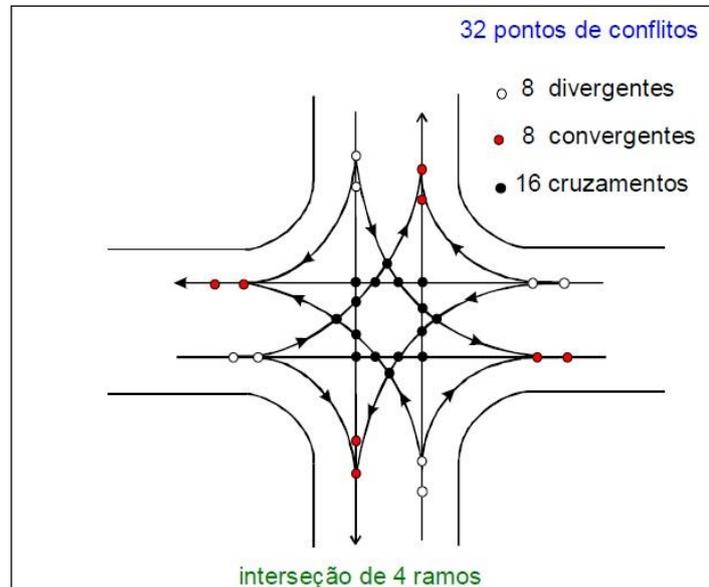


Figura 02 – Pontos de conflito de uma interseção de quatro ramos
Fonte: Pimenta et all

O projeto de uma interseção requer atenção devido a sua importância, pois se mal elaborado pode interferir na segurança, na capacidade de tráfego e na velocidade de operação da via. Logo, apesar de sua aparente simplicidade, as interseções urbanas são um tema complexo e de grande relevância, pois lidam com a segurança das pessoas.

Devido ao grande número de interseções numa rede viária urbana, os órgãos de gerência de trânsito devem dispor de projetos de interseções seguros, eficientes e baratos. Neste contexto, ganha relevância o estudo de um tipo de interseção, as “rotatórias”, e entre elas as “mini-rotatórias”.

O uso de Rotatórias remonta a Idade Média muito antes do aparecimento dos automóveis, tendo sido amplamente utilizada nos planos de urbanização de cidades européias e americanas. O crescente fluxo de veículos a partir do século XX levou o arquiteto francês Hénard a recorrer ao conceito de rotunda visando o disciplinamento da circulação destes

fluxos. A simplicidade presente na sua geometria permitiria segundo ele resolver complexos problemas de circulação.

Elas apresentam uma forma de funcionamento simples e facilmente perceptível pelos condutores, permitindo uma homogeneização nos movimentos de conversão, redução nos índices de sinistros e uma quase inexistência de acidentes com fatalidades. No que diz respeito à redução no número de sinistros, tal fato é obtido pela organização dos fluxos de tráfego num sentido único de circulação, pois ocasiona a redução no número de pontos de conflitos, especialmente nos conflitos em secante, em forma de cruz, que guardam uma alta correlação de acidentes com vítimas fatais. Também provocam redução das velocidades dos veículos ao entrarem e cruzarem a interseção, amenizando assim a severidade dos acidentes.

No Brasil existe uma predominância de querer resolver os conflitos de tráfego através do uso de semáforos, quando em países como Portugal, Inglaterra entre outros o conceito da rotatória é bastante utilizado.

Uma desvantagem das rotatórias convencionais é que elas requerem um grande espaço, que muitas vezes em áreas urbanas não está disponível. Este fato levou os técnicos a proporem o que se denominou de mini-rotatória, que utiliza os mesmos conceitos de uma rotatória, porém adequa-se ao exíguo espaço dos sistemas viários urbanos. Em muitos países europeus as mini-rotatórias estão sendo preferidas aos semáforos, por proporcionarem um aumento na capacidade das interseções, redução no tempo de espera, no número de acidentes, nos custos de implantação e na operação quando comparadas aos semáforos.

Como sabemos, as soluções de engenharia de tráfego não podem ser simplesmente transplantadas de um país a outro, pois dependem das condições sociais, culturais, econômicas e educacionais das pessoas. É necessário que sejam analisadas sua aplicabilidade neste ambiente. Este trabalho realiza este esforço de analisar o uso das mini-rotatórias, no contexto brasileiro, mais especificamente na cidade do Recife.

1.2 Relevância

Analisando a situação dos cruzamentos urbanos, observa-se uma série de fatores que influenciam diretamente na fluidez do trânsito. Critérios de visibilidades, prioridade em áreas de entrelaçamento de fluxos, o uso excessivo de semáforos, o aumento da frota de veículos combinados com as restrições físicas na geometria das vias públicas refletem negativamente no nível de serviço das interseções.

Apesar de serem muito utilizados, os semáforos apresentam uma série de restrições e custos financeiros elevados tanto na implantação, como operação e manutenção. Ressalte-se, entretanto, que a partir de certo volume de tráfego e da complexidade dos movimentos, a utilização de semáforos é inevitável. Contudo, existem muitas situações numa rede viária urbana onde o conceito da mini-rotatória pode ser aplicado com sucesso.

Como já salientado, as rotatórias convencionais necessitam de grandes áreas para serem implantadas, sendo um problema sua utilização nas aglomerações urbanas devido à falta de áreas disponíveis no entorno das interseções e aos elevados custos financeiros das desapropriações. Desta forma, as mini-rotatórias se adaptam bem aos locais com restrições físicas de espaço.

Os custos de implantação e manutenção das mini-rotatórias são inferiores aos custos de implantação de semáforos. A implantação de um semáforo varia de R\$ 16.000,00 a R\$ 35.000,00 conforme o tipo de cruzamento. Enquanto que a instalação de uma mini-rotatória varia de R\$ 7.000,00 a R\$ 12.000,00 devido à presença ou não de uma ilha central elevada em asfalto ou outro material.

A literatura traz diversos estudos voltados à utilização de rotatória com os mais variados tamanhos. Hoje no Brasil existem poucos estudos sobre a utilização de mini-rotatórias na circulação urbana, destacando-se o trabalho “Mini-rotatória: Um projeto simples e eficiente para redução de acidentes”, que vem sendo desenvolvido pela Companhia de Engenharia de Tráfego do Estado de São Paulo – CET- São Paulo.

Estudar os eventuais benefícios para segurança do trânsito com a utilização das mini-rotatórias no País é relevante, pois ajudaria a vencer o desconhecimento sobre as

possibilidades ou os efeitos na segurança proporcionados por este tipo de equipamento nas interseções urbanas. Definiria precisamente seu campo de aplicação e proporcionaria grande economia aos órgãos municipais de trânsito, em função do menor custo de implantação, operação e manutenção deste tipo de dispositivo, além de colaborar na redução e na severidade dos acidentes de trânsito.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é analisar o potencial de utilização das mini-rotatórias no Brasil, mas especificamente na cidade do Recife, buscando verificar, se em certas condições, elas podem se apresentar como alternativas mais viáveis do que o emprego de semáforos em termos de custos e segurança.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar a aplicação e o funcionamento do conceito de mini-rotatória, como equipamento de gerenciamento de conflitos de tráfego nas interseções da cidade do Recife;
- b) Avaliar a base teórica e normativa existente para implantação deste tipo de equipamento. Caso a base teórica seja inadequada, desatualizada ou insuficiente, propor uma estruturação de um manual prático, com procedimentos de justificativa, implantação, parâmetros técnicos de geometria, sinalização horizontal e sinalização vertical.

1.4. Limitações

Este trabalho limita-se ao estudo das mini-rotatórias e sua aplicação na cidade do Recife. Alguns fatores contribuíram nas limitações deste estudo, tais como: o pequeno número de mini-rotatórias existentes nesta cidade, a ausência de monitoramento destes equipamentos que possibilitem uma base de informações sobre volumes de tráfego, sua composição e o número de acidentes. Desta forma, por ser este um estudo acadêmico, sem recursos para custear pesquisas, haverá naturalmente uma limitação no número dos equipamentos analisados, assim como, no número e na amplitude das contagens de tráfego realizadas. Também, por ser um

assunto pouco estudado a âmbito nacional não há disponibilidade de material técnico, tendo-se que recorrer a manuais e literatura técnica estrangeira.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Principais publicações sobre o tema

- Manual de procedimento de pesquisa para análise de conflitos de tráfego em interseções (PIETRANTONIO, 1999), Publicação Interna do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Este trabalho traz uma noção dos conflitos de tráfegos existente nos cruzamentos, sua leitura é fundamental antes de fazer um projeto de sinalização de cruzamentos;
- Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras (IPEA, 2003). Este trabalho faz uma análise dos custos financeiros dos acidentes nas principais Regiões Metropolitanas do Brasil. Mensura os possíveis custos arcados pela sociedade brasileira advindos dos acidentes de trânsito;
- *Roundabouts: An Informational Guide* (FHWA, 2000). Este manual aborda as mais variadas formas de rotatórias, seus elementos de projetos entre outros. Constitui um excelente guia aos que quiserem se aprofundar mais sobre as rotatórias;
- O Dimensionamento e Projecto de Rotundas - FCTUC, Coimbra-Portugal 1999. Este manual trás uma abordagem de parâmetros utilizados no dimensionamento de rotatórias. É um excelente documento em língua portuguesa para os que querem se aprofundar mais no tema.
- *Mini-Roundabouts a Definitive Guide for the installation of small and mini-roundabouts in the UK and the Rest of The World* (SAWERS, 2009). Este é atualmente o documento mais aprofundado sobre o tema. Produzido na Inglaterra, País que desenvolveu a mini-rotatória, será utilizado como um mecanismo regulador dos projetos existentes na Cidade do Recife;
- Recomendações para a Utilização e Projeto de Mini-rotatórias. Editado pelo *Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen* (RDA, 1999) será abordado em conjunto com o guia inglês a fim de aprofundar melhor o tema;

- Critérios para implantação de semáforo (VILANOVA, 1997). Este artigo faz uma abordagem sobre os principais manuais de sinalização semafórica utilizados atualmente no Brasil;
- Notas Técnicas da CET-SP. Constituem uma literatura sobre os principais itens utilizados nesta dissertação, como também irá ajudar aqueles que buscarem um melhor entendimento dos dispositivos de sinalização utilizados na engenharia de tráfego;
- Manual de Semáforos do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (1984). Embora esteja desatualizado serve como uma referência ao estimar os padrões mínimos a serem adotados na implantação de um semáforo;
- Manual de Semáforos CET-SP (2003). O único manual brasileiro mais recente em utilização será abordado numa comparação com o manual de semáforos do DENATRAN.

3. QUADRO CONCEITUAL

3.1 Os conflitos de tráfego

No ano de 1967 foi desenvolvido o primeiro estudo de conflitos de tráfego feito por Perkins e Harris, visando obter um indicador que pudesse prever os acidentes de trânsito e visualizar os fatores causadores dos mesmos, identificaram as situações que poderiam resultar em acidentes e as denominaram de “conflitos de tráfego” (DOMINGUES, 2001).

O *conflito de tráfego* é um evento envolvendo dois ou mais usuários da via, em que a ação de um dos usuários leva o outro a fazer uma manobra perigosa para evitar uma colisão (U.S. FHWA, 1989). Os usuários considerados nesta análise são os motoristas de veículos motorizados (carros ou motos), os pedestres e os ciclistas.

“A partir do estudo efetuado por Perkin e Harris, muitos países passaram a estudar as técnicas de conflitos e desenvolveram seus próprios métodos e os foram aperfeiçoando, hoje sendo utilizados na maioria dos casos para diagnóstico da segurança viária” (DOMINGUES apud Oliveira, 2000, pag. 34).

Segundo Pietrantonio (1991) a idéia intuitiva de conflito de tráfego pode ser melhor compreendida a partir de uma escala crescente de severidade: as manobras normais, os conflitos de tráfego, as situações de quase acidentes, os acidentes sem vítimas e os acidentes com vítimas.

Entretanto o *Transport and Road Research Laboratory* (TRRL, 1988) relaciona a gravidade dos conflitos com 5 variáveis principais: i) a distância inicial entre os veículos; ii) a velocidade relativa entre os veículos; iii) o grau (severidade) da manobra perigosa; iv) a complexidade da ação perigosa; e v) a distância final atingida entre os veículos.

No que diz respeito à interação do usuário via, este fenômeno pode ser classificado, também, em quatro grupos em função da severidade (HYDÉN *apud* ROBLES *at all*, 2008): i) passagem sem distúrbio; ii) conflito potencial; iii) conflito leve; e iv) conflito sério.

O conflito de tráfego é um evento envolvendo quatro fases (PIETRATONIO, 1991): i) o primeiro usuário toma uma ação determinada; ii) o segundo usuário fica em risco de acidente; iii) o segundo reage freando ou desviando; e iv) o segundo usuário segue o seu curso na via.

Um conflito representa uma situação potencial de acidente. É um quase acidente. Assim, pode-se considerar que todo acidente é precedido por um conflito, onde uma manobra perigosa não existiu ou não foi suficiente para evitar a colisão (MING, 2002).

Considerando a hipótese de que haja uma correlação entre a quantidade dos conflitos de tráfego e dos acidentes de trânsito, é extremamente interessante a aplicação das técnicas de análise de conflito de tráfego (TACT) em interseções críticas a fim de adotar medidas corretivas na redução de acidentes (ROBLES, *et all*, 2008).

No Brasil a primeira tentativa de uso desta técnica se deu em 1991, quando Hugo Pietrantonio realizou uma pesquisa piloto na cidade de São Paulo. Os resultados foram satisfatórios, porém, necessitou-se realizar alguns ajustes na técnica, dentre eles a inclusão das violações ao sinal vermelho, devido a alto índice dessa infração.

Os acidentes são eventos que não se pode prever, requerendo levantamento de estatísticas por largos períodos, portanto leva-se um longo tempo para que se obtenham informações conclusivas a respeito da segurança viária de determinado local. Este fato ocasiona um maior tempo para uma correta avaliação e aplicação de medidas corretivas numa interseção.

Na opinião de Ming (2002) podem ser enumeradas as seguintes vantagens da análise de conflitos em relação ao tradicional uso de acidentes:

1. Ao contrário dos dados de acidentes, que levam longo tempo para serem acumulados, os conflitos são eventos de fácil observação direta;
2. Um estudo de conflito pode ser feito imediatamente sem que seja necessário esperar que os acidentes ocorram;
3. Em geral, os dados sobre os acidentes não são completos e deixam de levantar uma série de informações relevantes, muitas vezes se quer o diagrama de colisão existe,

desta forma dificulta definir a provável causa do acidente. Já o estudo de conflitos é extremamente útil para diagnosticar problemas operacionais ou de segurança específicos através do qual é possível indicar o melhor tratamento deles;

4. Avaliações do tipo “antes-depois” com base em dados de acidentes requerem longo período de observação, durante o qual o local pode ter sofrido várias modificações, inviabilizando a comparação da situação antes com a situação depois. Com a técnica de conflitos, a avaliação pode ser feita imediatamente antes e depois da implantação do projeto. Medidas corretivas adicionais podem ser tomadas de imediato se for constatado que o projeto não atingiu o objetivo.

Em geral, a análise de conflitos pode ser aplicada a qualquer local que se queira determinar e diagnosticar problemas de segurança. Segundo Domingues (2001), os investimentos em engenharia de tráfego, comparados a programas de educação e fiscalização de trânsito, apresentam certas vantagens, pois os resultados são imediatos e mensuráveis.

O custo para implantação de intervenções em pontos críticos é comparado ao benefício da redução do custo social em virtude da diminuição dos acidentes, contudo certas intervenções podem não eliminar por completo a ocorrência de acidentes no local apenas reduzi-los substancialmente (SIMÕES, 2001).

Para execução de intervenções em pontos críticos têm-se como principal fonte de informações para sua análise apenas os dados dos acidentes, que muitas vezes estão incompletos e não são muito confiáveis. Até mesmo para países desenvolvidos há problema com as informações necessárias para tal análise (PIETRANTONIO, 1991).

Ming (2002), também, mostra em quais situações a técnica de análise de conflitos não é recomendada:

1. Durante períodos de congestionamento ou de tráfego forçado (nível de serviço F) em condições de movimento e parada constantes;
2. Em locais com baixo volume de veículos, onde o total de veículos que entram no cruzamento é inferior a 1000 veículos por dia.

É importante entender primeiramente os conflitos de tráfego envolvidos numa interseção urbana para só assim fazer uma correlação entre os conflitos e os registros de acidentes e conseqüentemente utilizar dispositivos de engenharia de tráfego para disciplinar e hierarquizar a utilização da interseção.

Na opinião de Ming (2002), todo acidente de trânsito é necessariamente precedido por um conflito de tráfego com insucesso ou ausência de manobra perigosa. A ocorrência destes fenômenos de forma sucessiva é uma evidência que há correlação entre ocorrência de acidentes e os conflitos de tráfego.

Analisando a possibilidade de vir a acontecer um acidente de trânsito, Pietrantonio & Rozestraten *apud* Miranda (1997) definem, então, dois conceitos de risco:

Risco objetivo – É aquele relacionado com o risco ou probabilidade real de acidente, ou melhor, o nível de esforço ou habilidade necessário para evitar o acidente em local específico, para cada tipo de usuário;

Risco subjetivo – É definido como o risco percebido pelos usuários, como interpretado a partir das condições objetivas de cada local. Evidenciado pela margem de segurança conservada em ações como escolha de velocidade, aceitação de conflitos ou violações.

É aí onde existe um pertinente questionamento. Diminuir as ocorrências de acidentes através da redução da distância entre o risco objetivo e o subjetivo. Porém, o risco subjetivo está relacionado à facilidade de percepção do pedestre, às experiências no caso do motorista e ao grau de confiança que este tem em sua própria capacidade e habilidade de lidar com o veículo em determinada situação. Em resumo, lidar com o risco subjetivo é muito difícil.

As figuras 03 a 18 ilustrando os principais tipos de conflitos existentes nas interseções em nível (U.S. FHWA *apud* Luis Vilanova, 2007):

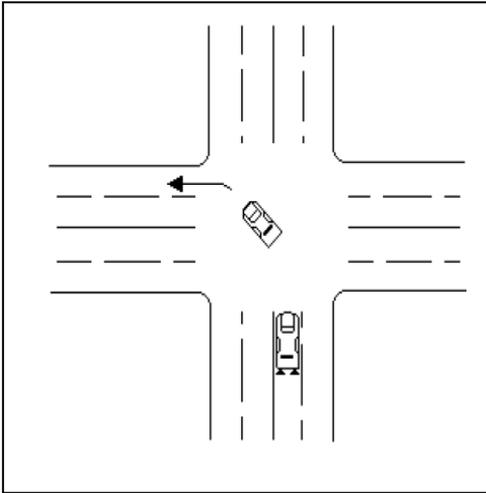


Figura 03: Conflito tipo 1
Mesma direção, conversão à esquerda
Fonte: Vilanova (2007)

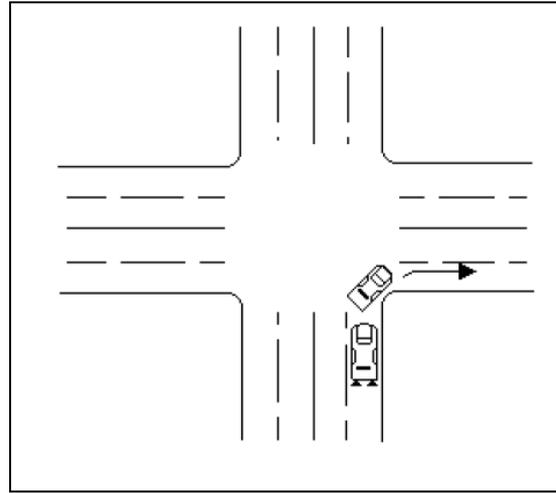


Figura 04: Conflito tipo 2
Mesma direção, conversão à direita.
Fonte: Vilanova (2007)

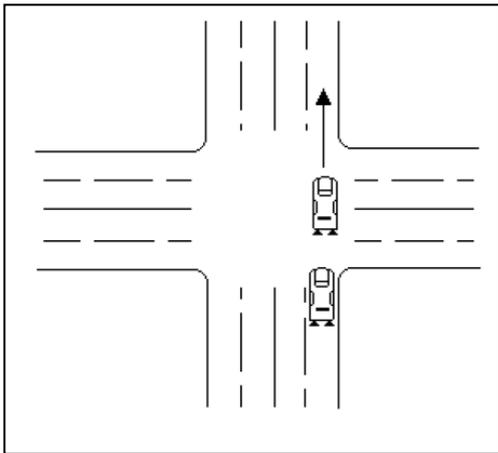


Figura 05: Conflito tipo 3
Mesma direção, movimento em frente
Fonte: Vilanova (2007)

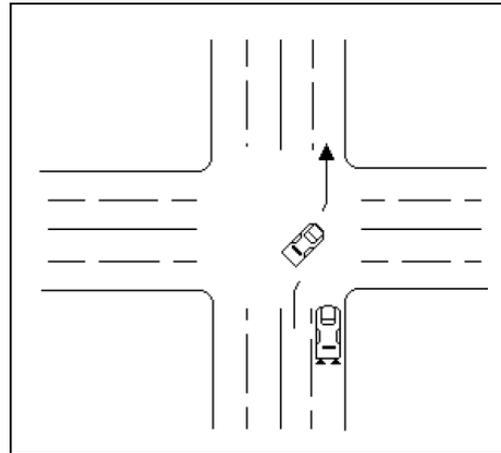


Figura 06: Conflito tipo 4
Mesma direção, mudança de faixa.
Fonte: Vilanova (2007)

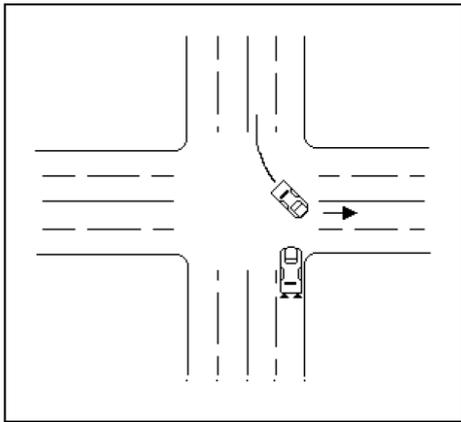


Figura 07: Conflito tipo 5
Direção Oposta, conversão à esquerda.
Fonte: Vilanova (2007)

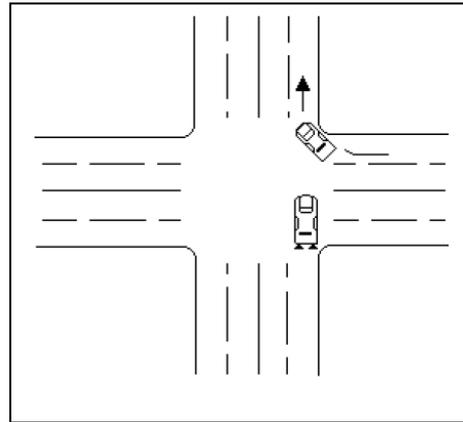


Figura 08: Conflito tipo 6
Direção à direita, conversão à direita.
Fonte: Vilanova (2007)

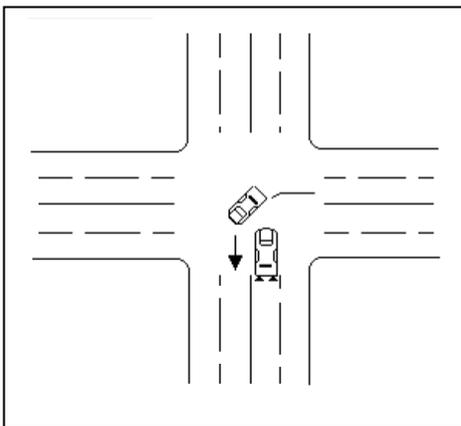


Figura 09: Conflito tipo 7
Direção Oposta, conversão à esquerda.
Fonte: Vilanova (2007)

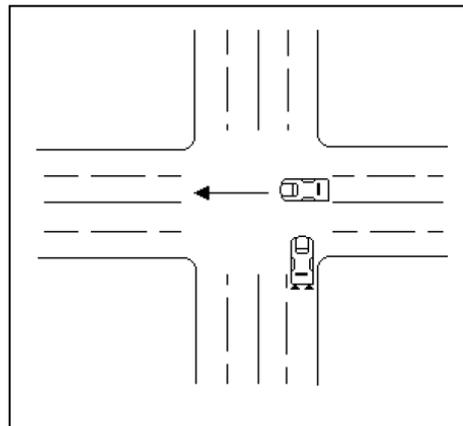


Figura 10: Conflito tipo 8
Direção à direita, movimento em frente.
Fonte: Vilanova (2007)

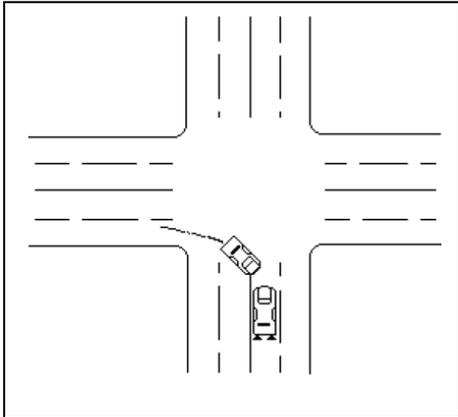


Figura 11. Conflito tipo 9
Direção à esquerda, conversão à direita.
Fonte: Vilanova (2007)

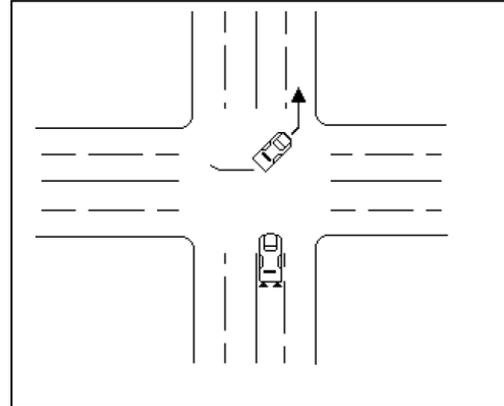


Figura 12. Conflito tipo 10
Direção à esquerda, conversão à esquerda.
Fonte: Vilanova (2007)

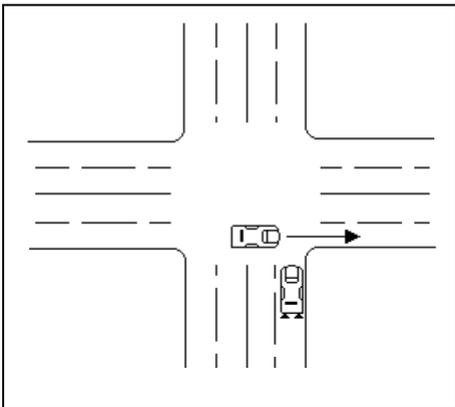


Figura 13. Conflito tipo 11
Direção à esquerda, movimento em frente.
Fonte: Vilanova (2007)

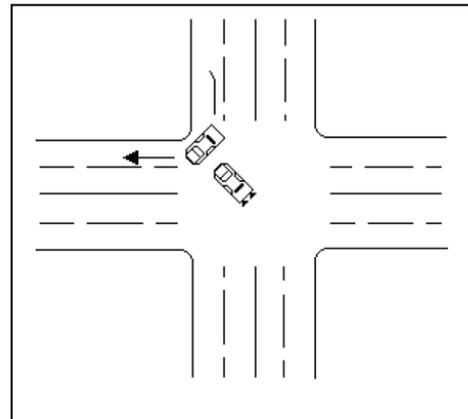


Figura 14. Conflito tipo 12
Direção oposta, conversão à direita.
Fonte: Vilanova (2007)

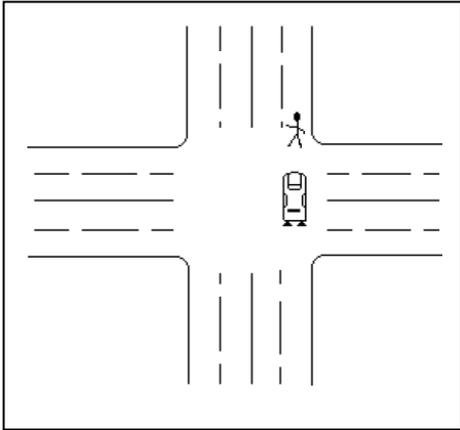


Figura 15. Conflito tipo 13
Conflito com pedestre, esquina posterior
Fonte: Vilanova (2007)

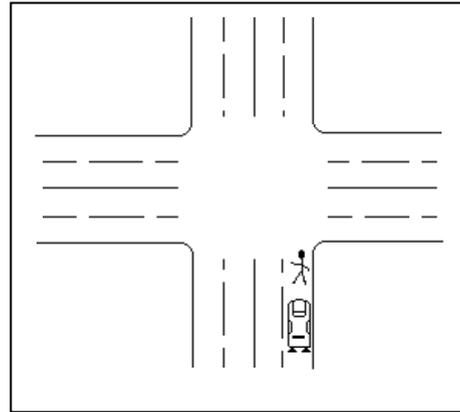


Figura 16. Conflito tipo 14
Conflito com pedestre, esquina anterior
Fonte: Vilanova (2007)

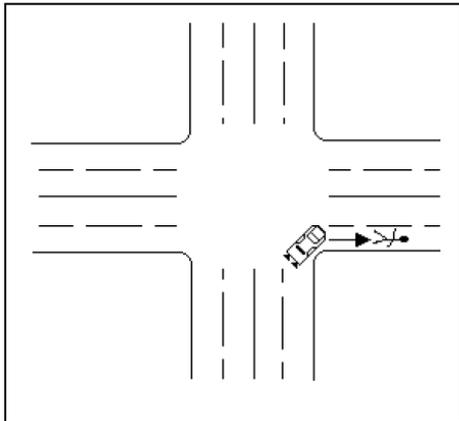


Figura 17. Conflito tipo 15
Conflito com pedestre, conversão à direita
Fonte: Vilanova (2007)

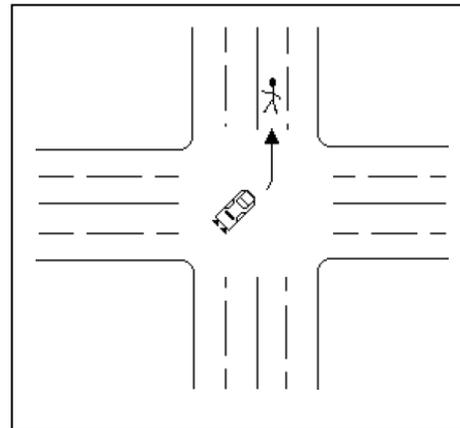


Figura 18. Conflito tipo 16
Conflito com pedestre, conversão à esquerda
Fonte: Vilanova (2007)

A análise de conflitos de tráfego tem a vantagem da rapidez, já que num período muito curto, podem-se ter informações suficientes, ao passo que para coletar os dados de acidentes requer muitos anos, além de ser necessário que haja um sistema de informações, o que geralmente não se dispõe (SZASZ, 1992).

As vias de trânsito devem ser projetadas de maneira a permitir uma probabilidade de erro maior ao motorista em suas manobras, ao exigir-lhe menor esforço de concentração e a conceder-lhe maior espaço, e, sobretudo, mais tempo para tomar decisões em eventuais emergências (FERRARI *apud* OLIVEIRA, 2010).

Devemos utilizar dispositivos capazes de reduzir significativamente os conflitos de tráfego existente nas interseções urbanas. Existem diversos dispositivos que podem ser utilizados com este objetivo, tendo a sua aplicação justificada de acordo com a complexidade da interseção. Entre estes dispositivos podemos citar: semáforos, sinalização de “PARE” OU “DÊ A PREFERÊNCIA”, rotatórias, mini-rotatória entre outros.

3.2 Os acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras

A segurança viária é um problema mundial e brasileiro, sendo que em nosso País seus contornos são dramáticos. Segundo o DENATRAN, em 2006 ocorreram 427.685 acidentes, que resultaram em 19.910 mortes e 322.919 feridos, 22% desses acidentes foram atropelamentos. Nestes acidentes 71,6% das vítimas fatais tinham entre 22 e 50 anos, em plena idade produtiva. Os acidentes urbanos custaram ao País por ano mais de R\$ 5 bilhões enquanto que os acidentes rurais contabilizaram R\$ 20 milhões. Estes valores incluem as despesas hospitalares com medicamentos e as perdas tanto de horas de trabalho como perdas materiais. Eles são responsáveis, dentre as causas externas, pelo maior número de internações hospitalares (RENAEST/DENATRAN, 2006).

Tabela 01 – Número de vítimas de acidentes no Brasil.

Classificação	2002	2003	2004	2005
Acidentes com vítimas	252.000,00	334.000,00	349.000,00	383.000,00
Vítimas fatais	19.000,00	23.000,00	26.000,00	26.000,00
Vítimas não fatais	318.000,00	349.000,00	474.000,00	514.000,00

Fonte: Anuários Denatran (2002 a 2005)

Ao contrário dos países desenvolvidos, no Brasil, a quantidade de fatalidades em acidentes de trânsito cresceu de 2000 a 2007. De acordo com a base do Sistema Único de Saúde – SUS, houve um aumento de 30% nas mortes nesse período. Entre 1997 e 1999, as mortes em acidentes terrestres estavam caindo, mas voltaram a crescer a partir de 2000, atingindo um pico histórico em 2007, com 66.836 mortes segundo os dados baseados no seguro obrigatório de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre – DPVAT. Essa comparação com os países desenvolvidos mostrou que, proporcionalmente à população, o trânsito brasileiro mata 2,5 vezes mais do que nos Estados Unidos, e 3,7 vezes mais do que na União Européia, segundo informações do Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (RENAEST/DENATRAN, 2006).

É importante ressaltar que muitos acidentes fatais não são anotados ou não são relacionados diretamente como acidentes de trânsito o que pode elevar ainda mais esse número. O mesmo acontece com os acidentes não fatais. Aí reside uma grande dificuldade, pois é a partir desses registros que o País poderá enfrentar e mensurar a real periculosidade do trânsito nas aglomerações urbanas. O banco de dados do Ministério da Saúde mostra uma situação mais próxima da realidade, onde o número de mortos em decorrência dos acidentes de trânsito é de aproximadamente de 30 mil vítimas por ano.

Observando a tabela 02 notamos a gravidade deste quadro no Brasil e a diferença de informações em relação aos órgãos responsáveis pelos registros dos acidentes. Em áreas urbanas, essa situação é ainda mais alarmante, pois em 2002, do total dos acidentes de trânsito com vítimas em todo o Brasil – 251.876 casos – 191.745 ocorreram em áreas urbanas, um percentual de 76% dos casos.

Tabela 02 – Registros de mortes no Trânsito do Brasil.

Registros de mortes no trânsito no Brasil			
ANO	DENATRAN	SUS	DPVAT
2002	18.877	32.753	-
2003	22.629	33.139	-
2004	25.526	35.105	-
2005	26.409	35.994	55.024
2006	19.910	36.367	63.776
2007	-	37.407	66.836
2008	-	-	57.116

Fonte: DENATRAN, Sistema de Informações Sobre Mortalidade - SIM-DATASUS, DPVAT apud Confederação Nacional de Municípios – CNM (2009)

Segundo Piovezan (1991), os acidentes ocorrem através de uma seqüência de causas que, genericamente, podem ser divididas em:

1. Causas remotas: influências do ambiente social e da hereditariedade;
2. Causas pessoais: influência da ignorância das normas de segurança, dos desajustamentos, da saúde, dos estados psicológicos e físicos;
3. Causas imediatas: atos e condições inseguras.

Na opinião de Simões (2001), as causas que podem ser apontadas como causadoras dos acidentes são:

- Fator humano: envolve a educação e o preparo do usuário para o trânsito, condições físicas e psicológicas, a idade, uso de drogas ou álcool e o emocional;
- Fator veicular: envolvem o veículo e suas condições de uso, projeto, manutenção e conservação;
- Fator via: a atuação da engenharia de tráfego nos aspectos de projeto geométrico, sinalização, regulamentação assim como o fluxo de tráfego;
- Fatores ambientais: envolvem as condições do tempo à visibilidade, os aspectos de uso e ocupação do solo e as interferências visuais;
- Fatores Institucionais: dito como social engloba a regulamentação das leis e o policiamento.

A análise dessas causas e mesmo um levantamento minucioso dos índices de acidentes são dispendiosos de se obter, sendo que muitas vezes estão acima da capacidade técnica e financeira de países em desenvolvimento.

Com a combinação das causas acima pode ou não acontecer um acidente ocorrendo ou não danos físicos ou materiais. Numa explicação mais precisa, podemos definir um acidente como um efeito indesejado de combinações de causas inseguras sendo ou não intencionais, que se traduzem numa situação emergencial de riscos resultando em danos materiais, financeiros, humanos, psicológicos etc.

A falta de registros de pequenos acidentes esconde possíveis locais de risco potencial elevado ocasionando dificuldades no registro dos dados e no entendimento do que foi registrado. Daí

resulta a necessidade de termos dados precisos sobre os índices de acidentes em interseções urbanas.

O objetivo do levantamento dos índices de acidentes destina-se as mais variadas correntes de pensamento conforme apresentado a seguir (PIOVEZAN, 1991):

- O policial analisa quais são as infrações que mais causam acidentes, onde e quando acontecem buscando reforçar o patrulhamento nesses locais;
- O engenheiro de tráfego analisa os dados sobre os locais onde os acidentes acontecem por falhas de projeto ou alterações das vias locais;
- O educador de trânsito analisa quais os atos mais inseguros realizados pelos motoristas, ciclista e pedestres a fim de cobrar mais atenção nos treinamentos;
- O fabricante de veículos analisa quais as falhas mais comuns e como os dispositivos dos veículos resistem aos acidentes (cintos de segurança, barras de proteção etc.).

Na visão do Banco Mundial (2002), o custo econômico dos acidentes nos países em desenvolvimento é de US\$ 65 bilhões, valor aproximadamente igual à ajuda anual total que as instituições financeiras internacionais prestam a estes países. Na maioria dos casos, as vítimas são jovens e adultos em idade cuja produtividade seria a mais elevada. As perdas econômicas decorrentes dos acidentes corresponderam entre 1 e 2% do PIB brasileiro (algo em torno de R\$ 17,51 bilhões) para valores do ano de 2000 (Ministério dos Transportes, 2002).

Tabela 03 - Indicadores de Acidentes de Trânsito para países selecionados – 2000

PAÍS	TAXA DE MORTES POR 10 MIL VEÍCULOS
Japão (1)	1,32
Alemanha (1)	1,46
Estados Unidos (1)	1,93
França (1)	2,35
Turquia (1)	5,36
Brasil (2)	6,80

Fonte: OECD(1), DENATRAN(2) *apud* IPEA

Os acidentes de trânsito têm especial relevância entre as externalidades negativas geradas pelo trânsito, não só pelos custos econômicos provocados, mas pela dor, sofrimento e perda de qualidade de vida imputada às vítimas, seus familiares e à sociedade no geral (IPEA, 2003).

São trágicas as conseqüências dos acidentes de trânsito, tanto para o homem como para o meio ambiente. Quem de nós não quer uma vida saudável e uma não existência de riscos ao se aproximar de uma interseção? Buscar a redução dos registros de acidentes de trânsito, em níveis aceitáveis, é a obrigação de qualquer gestor de trânsito. Por mais que os números mostrem os estragos gerados pelos acidentes, não conseguiremos jamais mensurar a dor das vidas ceifadas ou o sofrimento daqueles que tiveram a sua capacidade produtiva diminuída ou acabada.

3.3 A sinalização semafórica

Hoje, mais de 80% da população brasileira vivem em áreas urbanas, o que pode representar um problema sério, quando se trata de estabelecer uma política de desenvolvimento urbano sustentável, se considerarmos que de acordo com a Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana – SEMOB, “o desenvolvimento urbano mal planejado tem contribuído para estabelecer um quadro de deterioração da mobilidade e da qualidade de vida nas cidades” (SEMOB, 2006). Com a crise dos grandes congestionamentos freqüentemente ocorridos nas grandes cidades do Brasil e do Mundo, temos a necessidade de buscar maneiras que visem dar maior fluidez ao tráfego de veículos.

A implantação de semáforos pode ser vista como uma das maneiras de intervenção a fim de minimizar os conflitos existentes nas interseções. Segundo o DENATRAN (1984), o semáforo é um dispositivo de controle de tráfego que, através de indicações luminosas, alterna o direito de passagem de veículos e/ou pedestres. No Brasil temos a implantação de semáforos como uma medida generalizada na solução de problemas de conflitos em interseções.

Podemos encontrar critérios que são trabalhados em alguns manuais como o *Manual on Uniform Traffic Control Devices* – MUTCD (USA), da CET de São Paulo, DENATRAN, Escócia entre outros. É necessário ter muita atenção ao utilizar estes guias, uma vez que a realidade em que foi proposta tal orientação nem sempre corresponde a nossa realidade não se

podendo universalizar tais regras. A implantação de semáforos deve ser analisada, estudando todas as variáveis envolvidas no contexto decisório, os aspectos físicos, operacionais, administrativos e legais (COELHO *at all*, 2008).

A seguir alguns elementos dos principais manuais de sinalização semafórica utilizados no Brasil.

3.3.1 Manual de Semáforos do DENATRAN (1984)

Ao fazer um projeto de sinalização, o técnico tem a obrigação de avaliar cuidadosamente a necessidade de implantação de um semáforo. No Brasil dispomos do Manual de Semáforos do DENATRAN (1984) que é um dos mais utilizados. Nas grandes cidades, cerca de 50% dos tempos de viagem e 30% do consumo de gasolina são gastos com os carros parados nos cruzamentos, esperando que o sinal passe do período vermelho para o verde (DENATRAN, 1984).

A Literatura Internacional aborda alguns critérios que já são utilizados no Brasil e servem como um guia para a análise da necessidade de instalação de um semáforo. Embora já exposto, vale lembrar que nem sempre o semáforo é a solução adequada para problemas com movimentos conflitantes e sua implantação deve ser plenamente justificada.

A seguir um detalhamento dos principais critérios que justificam a implantação de um semáforo segundo O Manual de Semáforos do DENATRAN (1984):

Critério nº 1- Volumes veiculares mínimos.

Os volumes abaixo quando presentes na interseção justificam a implantação de um semáforo:

Tabela 04. Volumes veiculares mínimos.

Número de faixas de tráfego por aproximação		Veículos por hora, na preferencial, nos dois sentidos	Veículos por hora, na secundária, na aproximação mais pesada
Preferencial	Secundária		
1	1	500	150
2 ou mais	1	600	150
2 ou mais	2 ou mais	600	200
1	2 ou mais	500	200

Fonte: Manual de Semáforos. DENATRAN (1984).

O volume horário de veículos deverá ser o volume médio de 8 horas de maior volume na interseção, contado preferencialmente no período das 07h00min às 20h00min horas. Caso não haja a contagem durante todo o período do dia, o volume médio poderá ser estimado a partir dos volumes disponíveis.

Critério nº 2 – Interrupção de tráfego contínuo.

Neste critério observa-se na via secundária, a ocorrência de dificuldades excessivas para atravessar ou entrar na corrente de uma via principal. A ocorrência de atrasos excessivos na via secundária justificará a necessidade de implantação do semáforo. Os volumes mínimos são os seguintes:

Tabela 05. Interrupção de tráfego contínuo.

Número de faixas de tráfego por aproximação		Veículos por hora, na preferencial, nos dois sentidos	Veículos por hora, na secundária, na aproximação mais pesada
Preferencial	Secundária		
1	1	750	75
2 ou mais	1	900	75
2 ou mais	2 ou mais	900	100
1	2 ou mais	750	100

Fonte: Manual de Semáforos DENATRAN(1984)

Critério nº 3 – Volumes conflitantes em interseções de cinco ou mais aproximações.

Em interseções com cinco ou mais aproximações, a implantação de um semáforo justifica-se quando há tráfego de volume equivalente ao total de, no mínimo, 800 veículos por hora. Isto só será aplicado caso não seja possível transformar a interseção numa outra equivalente de quatro aproximações. Caso seja possível deve-se alterar a geometria da interseção para 4 aproximações e então avaliá-la com os critérios 1 e 2 citados acima.

Critério n° 4 – Pedestres cruzando a via principal.

Quando ocorre um elevado número de pedestres cruzando a via, é necessário a implantação de um semáforo. O conflito veículos x pedestres justifica a implantação de um semáforo quando os seguintes volumes mínimos são atingidos:

$P = 250$ pedestres/h em ambos os sentidos da travessia;

$Q = 600$ veíc./h (nos dois sentidos), quando a via é de mão dupla e não há canteiro central ou o mesmo tem menos de 1m de largura;

$Q = 1000$ veíc./h (nos dois sentidos), quando há canteiro central de 1m de largura no mínimo.

Sabendo que:

P = volume de pedestres;

Q = volume de veículos equivalentes em conflito com os pedestres.

Critério n° 5 – Índice de Acidentes

Ao analisar a ocorrência de acidentes, a implantação poderá ser justificada desde que apresente as seguintes características:

- Os acidentes ocorridos são do tipo corrigível por semáforo;
- Todas as tentativas para diminuí-lo, através de soluções menos custosas e menos radicais, não atingiram o objetivo;
- Ocorre um mínimo de 5 (cinco) acidentes com vítima por ano.

A tabela 06 mostra a ponderação dos acidentes nas diversas metodologias de implantação semafórica utilizadas em alguns países.

Tabela 06: Critérios para implantação de semáforo devido aos acidentes.

<i>MANUAL</i>	<i>Critérios para implantação devido aos acidentes de trânsito</i>
DENATRAN	Ocorre um mínimo de 05 acidentes com vítima por ano, do tipo corrigível pelo semáforo.
CET-SP	Ocorrem mais de três acidentes com vítimas, do tipo corrigível por semáforo, no último ano.
FHWA- Estados Unidos	Ocorrem 5 ou mais acidentes tipo corrigível por semáforo por ano.
Argentina	Não relata as quantidades mínimas nem máximas de acidentes de trânsito.
Escócia	Ocorrem, no mínimo, 5 acidentes com vítima por ano.

Fonte: Coelho, Moreira e Freitas (2008)

Critério n° 6 - Melhoria do Sistema Progressivo.

Quando a via em estudo esteja operando com sistemas de coordenação semaforica, a implantação de um novo semáforo pode justificar-se quando contribui para o ajuste da velocidade de progressão, ou melhorar a formação dos pelotões, ou quando se considerar que estas medidas são imprescindíveis.

Critério n° 7 – Controle de áreas congestionadas.

Nas áreas que apresentam congestionamentos constantes e inevitáveis por outros meios (mudanças na geometria, prioridade na circulação etc.), a implantação de um semáforo pode justificar-se em alguns casos como:

- a) Entrelaçamentos complexos, de capacidade inferior à demanda;
- b) Aproximação com capacidade inferior à demanda, com formação de fila externa e bloqueio da interseção anterior (semáforo seria colocado nesta última).

Critério n° 8 – Combinação de critérios.

Quando ocorrer uma determinada porcentagem dos eventos citados acima conforme indicado nos seguintes itens:

- a) Quando dois critérios de 1 a 5 forem observados em, no mínimo, 80%;
- b) Quando três dos critérios de 1 a 5 forem observados em, no mínimo, 70%

Critério n° 9 – Situações locais específicas.

O semáforo pode ser implantado em situações especiais, desde que plenamente justificado pelo técnico. A distância de visibilidade é aplicada neste critério. Defini-se distância de visibilidade como a visão que o motorista tem, ao se aproximar de uma interseção, de modo que ele perceba qual o comprimento do entrelaçamento das vias para exercer total controle de seu veículo evitando colisões.

A figura 19 apresenta um resumo dos critérios que justificam a implantação de um semáforo de acordo com o manual de semáforos do DENATRAN (1984).

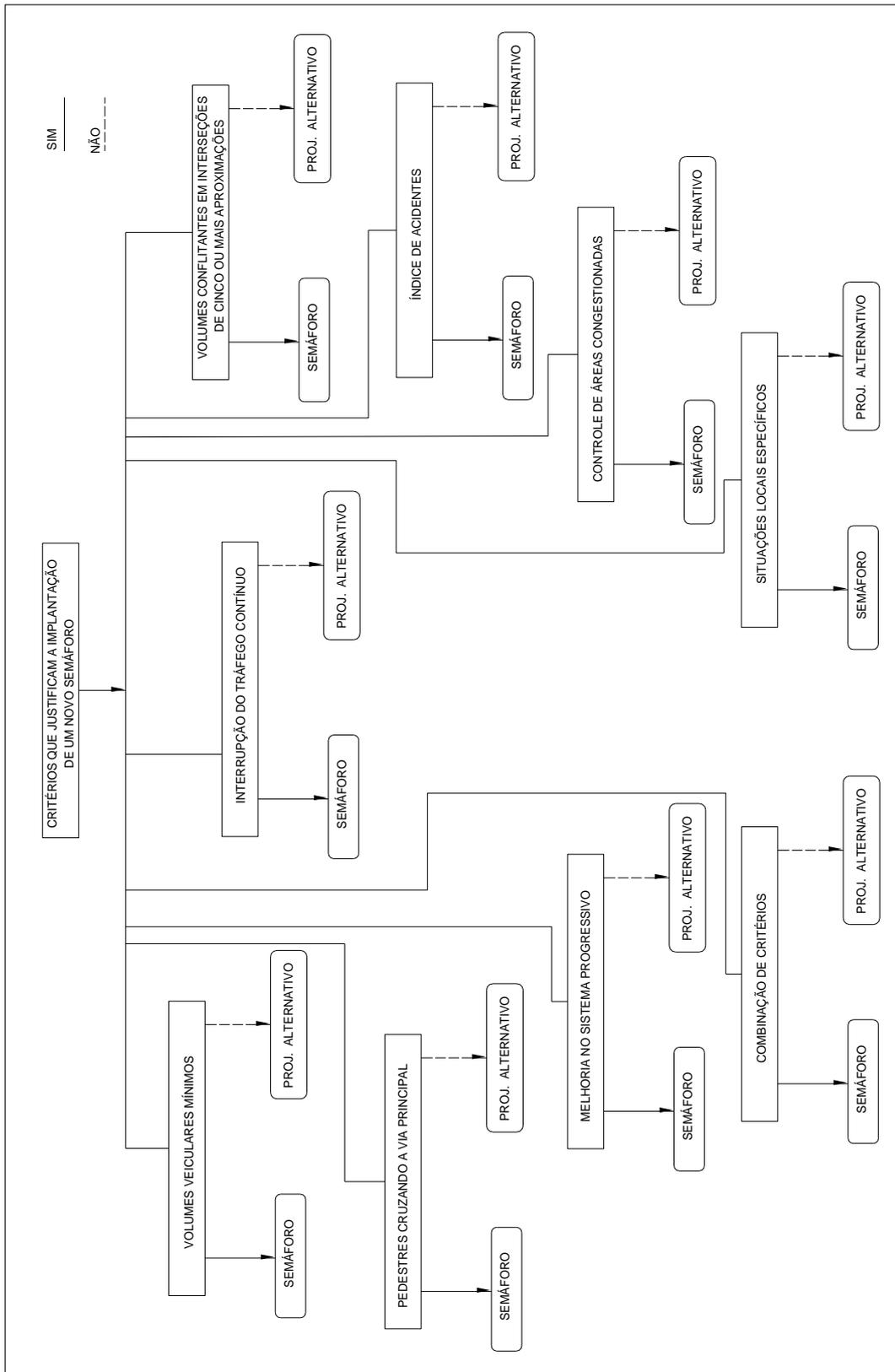


Figura 19. Critérios que justificam a implantação de um novo semáforo segundo o DENATRAN(1984)
 Fonte: DENATRAN (1984)

3.3.2 Manual de sinalização Semafórica da CET- São Paulo (2003)

Segundo o Manual de Sinalização Semafórica elaborado pela CET - São Paulo (2003), as razões que justificam a implantação de um semáforo são as seguintes:

- Motivos relacionados ao aspecto da segurança viária;
- Motivos relacionados ao aspecto da fluidez dos veículos, e
- Motivos relacionados ao aspecto do tempo de espera de pedestres.

Os Motivos Relacionados ao Aspecto da Segurança Viária consiste em tratar de situações onde ocorre uma relevante predominância no número de acidentes e que poderá ser amenizado com a instalação de um semáforo. Alguns passos são tomados a fim de verificar a relevância do número de acidentes ocorridos numa interseção:

1º Passo: verificar a disponibilidade da existência do registro do número de acidentes do último ano e caso exista analisar se o mesmo aponta para um número de três acidentes com vítima, do tipo corrigível por semáforo. Caso afirmativo deve-se prosseguir para o próximo passo;

2º Passo: caso tenha acontecido mais de três acidentes com vítimas, do tipo corrigível por semáforo, busca-se uma solução alternativa a implantação do semáforo. Entre essas soluções alternativas podemos citar a implantação de sinalização horizontal e vertical, a canalização, o estreitamento de pista, os refúgios, as mudanças geométricas, a alteração de circulação, a condução de pedestres para travessias mais seguras, as mini-rotatórias entre outras.

Sendo assim a solução por implantação de um semáforo só deverá ser considerada em última alternativa quando todas as soluções acima citadas não forem adequadas para resolver o problema apresentado pela interseção. Resumindo, o novo semáforo só será instalado se os três requisitos a seguir forem cumpridos simultaneamente:

1. Ocorreram mais de três acidentes com vítimas, do tipo corrigível por semáforo no último ano consultado;
2. Não há solução alternativa adequada para a sinalização da interseção;
3. Não ocorreram alterações recentes no local que podem já ter eliminado o problema.

3º Passo: Este passo analisa a possibilidade de **NÃO** ter acontecido mais de três acidentes com vítimas na interseção. Caso não tenha acontecido deve-se verificar a existência de indícios de conflitos graves. Segundo o Manual da CET um conflito grave acontece quando a colisão entre dois usuários da via teria ocorrido se ambos tivessem prosseguido sem alteração de velocidade ou de direção e só seria evitada se pelo menos um dos usuários realizasse uma ação perigosa. Porventura caso tenha acontecido tais indícios deverá proceder-se um estudo mais aprofundado.

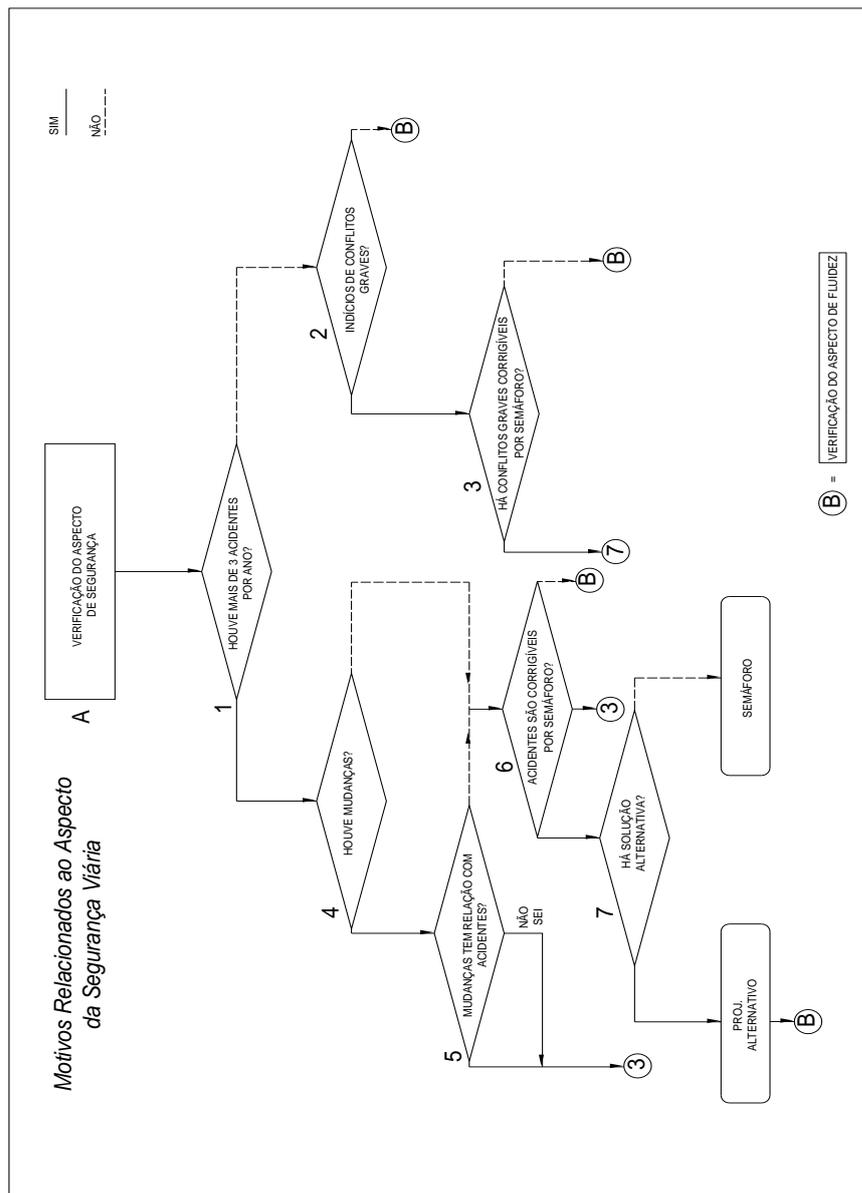


Figura 20: Critérios que justificam a implantação de um novo semáforo segundo os motivos relacionados ao aspecto da segurança viária. Fonte: CET (2003)

Os motivos Relacionados ao Aspecto da Fluidez de Veículos consistem em verificar em qual situação oferece uma melhor fluidez no tráfego dos veículos na interseção em estudo. Nessa análise devemos nos apegar aos seguintes critérios:

- Pesquisa em campo nas horas mais críticas para estabelecer qual o intervalo de hora merece mais atenção, destacando as dificuldades dos veículos ao cruzarem a interseção;
- O critério do ciclo vazio que consiste em evitar a instalação de semáforos em interseções onde às vias não preferenciais apresentam fluxo muito reduzido;
- O critério de bloqueio da interseção por semáforo a jusante onde a fila decorrente de um semáforo instalado a jusante bloqueia a transversal da interseção em estudo. Devendo-se, portanto instalar na interseção que sofre o bloqueio um semáforo coordenado com o semáforo a jusante;
- O critério dos atrasos nas situações com ou sem semáforos que consiste em medir o atraso atual da interseção, estimar o atraso gerado pela implantação do semáforo comparando os dois valores a fim de verificar qual a situação que apresenta uma melhor fluidez ao tráfego de veículos.

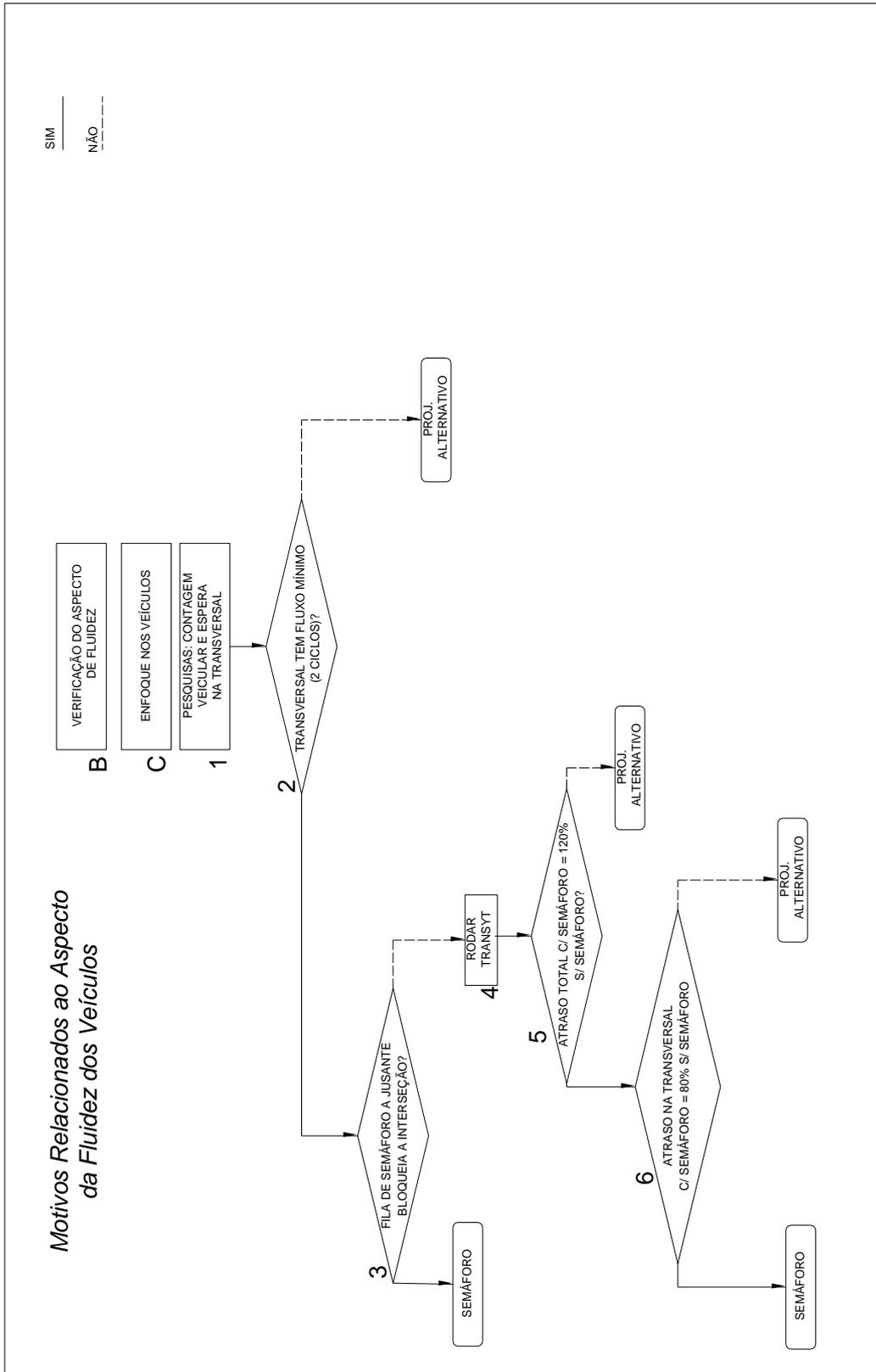


Figura 21: Critérios que justificam a implantação de um novo semáforo segundo os motivos relacionados ao aspecto da fluidez dos veículos.

Fonte: CET (2003)

Os motivos Relacionados aos Aspectos das Travessias dos Pedestres consistem em verificar os tempos de espera dos pedestres na travessia da via nas situações com e sem semáforos. A seguir alguns passos que ajudarão nesse estudo:

- Identificar as travessias críticas que consiste em verificar o trecho da seção da via em que ocorre a maior parte das travessias;
- Proximidade de utilização de travessias próximas que consiste na verificação da existência de alguma travessia semaforizada em um raio de 50m;
- Contagem de pedestres nas travessias críticas que deverá acontecer nos períodos mais críticos, consistindo não só no maior número de pedestres como também pela dificuldade em realizar tal travessia;
- Fluxo de pedestres mínimo na interseção, embora muito polêmico este critério busca evitar uma instalação exagerada de semáforos. O problema consiste em definir qual o fluxo mínimo de pedestres na interseção. Em São Paulo adota-se o número de 190 pedestres na hora crítica;
- O Limite máximo de espera para a travessia com maior dificuldade verifica a média dos tempos para travessia dos pedestres com maior dificuldade. Caso essa média supere o valor de 25 segundos, deve-se implantar o semáforo. Caso contrário analisar a implantação de uma sinalização não semafórica.

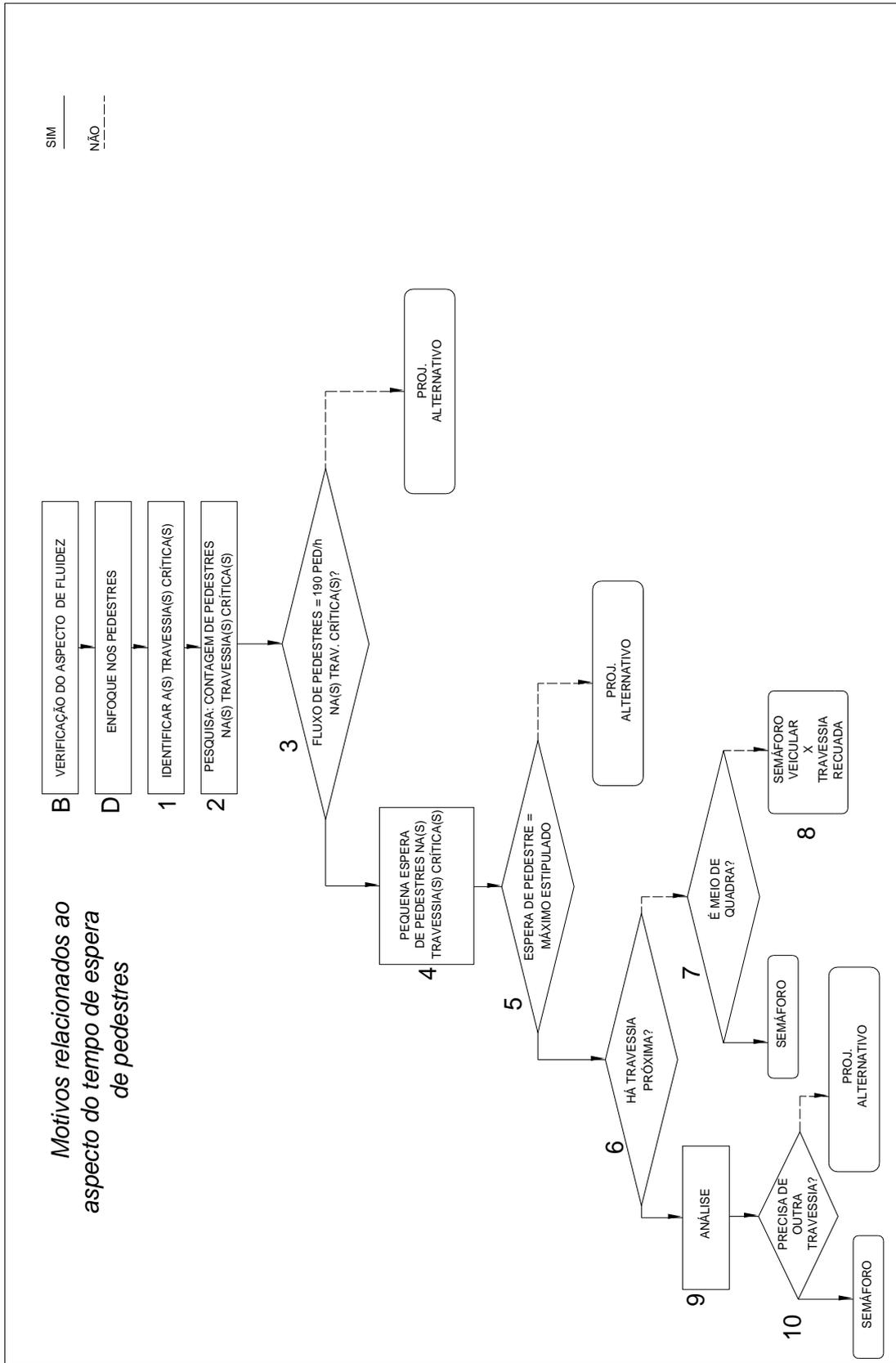


Figura 22: Critérios que justificam a implantação de um novo semáforo segundo os motivos relacionados ao aspecto do tempo de espera de pedestres.

Fonte: CET (2003)

Segundo o Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUCTCD apud BARBUTO, 1994), uma instalação semafórica imprópria pode estimular o desrespeito aos semáforos. Isto pode ser notado em semáforos instalados em cruzamentos onde a via secundária possui baixo volume de tráfego. Sendo explicado pelos fatores culturais que dizem respeito a desinformação e despreparo dos técnicos.

Um estudo realizado pela CET em São Paulo vem analisando o desrespeito dos condutores desde 1980. O cálculo do índice de desrespeito é obtido dividindo o número de veículos que passam no vermelho pelo total dos que passam no verde, amarelo e vermelho. Numa análise minuciosa concluíram que o fator preponderante para que uma via semaforizada seja respeitada é o volume existente na sua transversal.

O percentual de obediência é maior nas aproximações que cruzam com via de volume elevado. Sendo os maiores índices de desrespeito observado no período noturno chegando a 9,4 % numa amostra de 58 cruzamentos (BARBUTO, 1994).

Analisando por outro ângulo a CET-SP em 1991 mediu o índice de desrespeito de 10 cruzamentos, dividindo-se o número de veículos que atravessam no vermelho pelo total de veículos que chegam no vermelho e tem a “oportunidade de desobedecer” ,ou melhor, apenas o primeiro veículo de cada fila. O resultado foi ainda maior chegando à margem de 10,4 % dos motoristas.

Nos EUA o índice considerado é a relação entre o número de veículos que atravessam no vermelho e o número total dos que atravessam no verde, amarelo e vermelho chegando a 1,25% dos motoristas (BARBUTO, 1994). Os maiores índices estão nos cruzamentos com baixos níveis de volume diário médio anual, nos períodos fora pico e nas aproximações de uma faixa. Sendo aí onde reside uma forte relação entre volume de tráfego baixo e alto índice de desrespeito ao semáforo, se apresenta como uma situação ideal para a colocação de uma mini-rotatória.

Jacob, Sayer e Dowing (BARBUTO, 1994) pesquisaram os níveis de desobediência aos semáforos em algumas cidades de países subdesenvolvidos. Os resultados foram comparados aos comportamentos dos motoristas da Grã-Bretanha e indicaram que os motoristas dos países

subdesenvolvidos são desobedientes e despreparados. Geralmente o comportamento do motorista é a principal causa dos acidentes, desde já o problema do desrespeito aos semáforos é significativo em especial nos países subdesenvolvidos.

Num planejamento semafórico é fundamental a existência, *a priori*, de parâmetros que indiquem a necessidade de um semáforo, através dos quais se possam fundamentar a utilização deste dispositivo. Diante dos três motivos que justificam a instalação de um semáforo nos deparamos com a necessidade de definir qual deles ou qual combinação destes é mais adequada. Seja do ponto de vista da segurança viária, do aspecto da fluidez dos veículos ou do tempo de espera dos pedestres.

As diversas interpretações presentes em qualquer manual trazem orientações que muitas vezes permitem aos gestores de tráfego interpretar e definir a solução com a própria intuição. Será que toda interseção que apresentar no mínimo 3 (três) acidentes corrigíveis por semáforo deverá ter um semáforo instalado? O que caracteriza um acidente corrigível por semáforo, ou melhor, um conflito corrigível por semáforo? Eis aí um grande dilema que deverá ter um estudo mais aprofundado. Muitas vezes um acidente grave choca a opinião pública que cobra a instalação deste dispositivo. Embora o acidente possa estar relacionado a outro problema chamado desrespeito à sinalização e às leis de trânsito.

Numa decisão sobre a implantação ou não de um semáforo o que deve ser primeiramente levado em conta é a segurança tanto para o condutor como para o pedestre. O semáforo só deverá ser utilizado em último caso, pois existem soluções mais baratas e adequadas. Deve-se, portanto, buscar reduzir as velocidades de aproximação, sinalizar corretamente toda a área de entrelaçamento e buscar critérios de visibilidade permitindo manobras segurança.

Segundo Vilanova (2007), na maioria dos locais temos que recorrer ao método da análise de conflitos que constitui, em si, uma excelente técnica, mas que necessita de um período de amadurecimento que nos permita estabelecer, qual é o valor limite do número de acidentes acima do qual o semáforo deve ser instalado na nossa realidade.

Um estudo realizado por Ming (2001) propõe uma metodologia que transforma um sentimento subjetivo de que um local é perigoso e necessita de um semáforo para diminuir a

periculosidade, em algo mais quantificável que é o índice de conflitos (em substituição ao índice de acidente).

Conforme já apresentado no tópico conflitos de tráfego, onde se classifica os tipos de conflitos presentes nas interseções, e de acordo com a necessidade de substituir os índices de acidentes pelos de conflitos de tráfego Vilanova (2007) apresenta a seguinte classificação:

- Conflitos potencialmente corrigíveis pela implantação de um semáforo são os do Tipo: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13 e 14;
- Conflitos potencialmente corrigíveis pela implantação de um semáforo com conversão à esquerda são os do tipo: 5 e 12;
- Conflitos potencialmente corrigíveis pela implantação de um semáforo com estágio específico de pedestres são os do tipo: 15 e 16;
- Conflitos NÃO corrigíveis pela implantação de um semáforo são os do tipo: 1, 2, 3 e 4.

A relação acima poderá ajudar na discussão sobre o que vem a ser um acidente corrigível por semáforo. O Aspecto da Fluidez dos Veículos tem sua importância. Atrasos, congestionamentos, consumos de combustíveis entre outros são os maiores problemas citados pelos motoristas e também deve ser analisados.

Os estudos para implantação de semáforos precisam ser cuidadosamente avaliados, para analisar se o tipo predominante de acidentes é, de fato, corrigível por um semáforo. Tanto o Manual da CET como o Manual do DENATRAN, apresentam uma série de critérios a serem seguidos a fim de justificar a necessidade de instalação de um semáforo. Contudo, deve-se ressaltar que utilização indevida ocasiona um aumento no número de paradas; aumento no número de acidentes; impaciência; esperas desnecessárias; desrespeito e descrédito com o semáforo; exposição de pedestres aos veículos, gastos desnecessários de instalação, operação e manutenção.

Um estudo realizado por Coelho, Moreira e Freitas (2008) confirma que a implantação inadequada de semáforos aumenta significativamente o número de acidentes. Segundo os

autores, muitas vezes pode acontecer à diminuição das severidades dos acidentes, porém o número de acidentes geralmente aumenta.

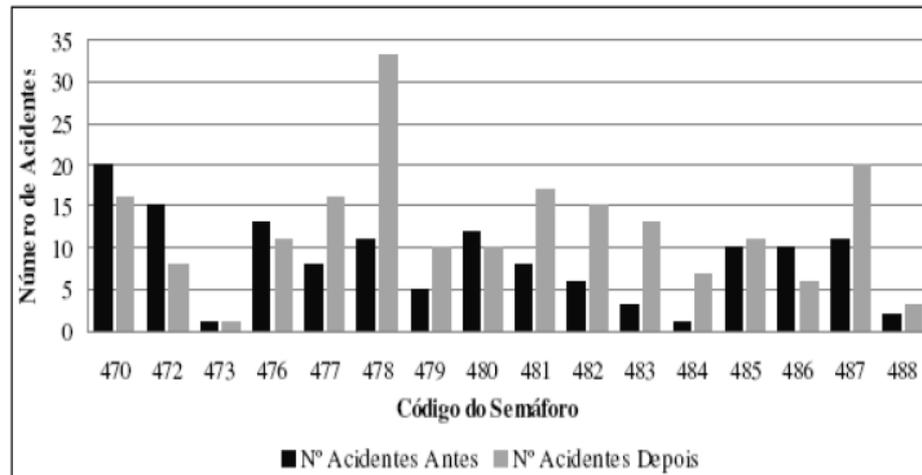


Figura 23: Quantidade de acidentes antes e depois das implantações semaforizadas na Cidade de Fortaleza (2008)
Fonte: Coelho, Moreira e Freitas (2008).

Infelizmente a última publicação do Manual de Semáforos do Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN data de 1984 e 26 anos depois não houve sequer uma nova publicação e uma conseqüente atualização. Com a publicação Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997 que institui o Código de Trânsito Brasileiro, o primeiro passo foi dado ao estabelecer a seguinte competência ao Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN.

Art. 12. Compete ao CONTRAN:

I - estabelecer as normas regulamentares referidas neste Código e as diretrizes da Política Nacional de Trânsito;

XI - aprovar, complementar ou alterar os dispositivos de sinalização e os dispositivos e equipamentos de trânsito;

O CONTRAN por sua vez publicou as seguintes resoluções:

- RESOLUÇÃO Nº 180, DE 26 DE AGOSTO DE 2005 Aprova o Volume I – Sinalização Vertical de Regulamentação, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito;
- RESOLUCAO Nº 236, DE 11 DE MAIO DE 2007 Aprova o Volume IV – Sinalização Horizontal, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.

- RESOLUÇÃO Nº 243, DE 22 DE JUNHO DE 2007 Aprova o Volume II – Sinalização Vertical de Advertência, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.

Ficando para uma futura publicação os seguintes volumes:

Volume III – Sinalização Vertical de Indicação

Volume V – Sinalização Semafórica

Volume VI – Sinalização de Obras e Dispositivos Auxiliares

3.4 As Rotatórias

Nas primeiras tentativas de ordenar o tráfego numa interseção utilizou-se um agente de trânsito posicionado no centro do cruzamento, às vezes sobre uma plataforma, cabendo a ele permitir ou não o tráfego em dada direção. A condição de trabalho do agente era não só perigosa, mas insalubre. Assim buscou-se automatizar esta função através de algum dispositivo de sinalização que orientasse os motoristas no cruzamento.

As rotatórias foram desenvolvidas há mais de 100 anos em diferentes tipos de rodovias. Uma das primeiras iniciativas dos técnicos preocupados com esta questão foi colocar uma marcação no centro da interseção. William Eno um dos pioneiros na engenharia de tráfego desenvolveu um sinal iluminado no centro da intersecção, que recebeu os seguintes nomes: "*Sleeping Policial*", "*Silent Policial*", ou "*Dummy Cop*" (WADDEL, 2000).

Os primeiros projetos utilizavam o princípio de que os veículos que entravam tinham direito de passagem sobre os que estavam circulando. Tal fato levou ao bloqueio do tráfego circulante, ocasionando uma redução na capacidade das rotatórias em desenvolver altas velocidades.

No pós-guerra a posse de veículos cresceu e os volumes de tráfego aumentaram trazendo problemas para as rotatórias. Os americanos passaram a aumentar as áreas das rotatórias tentando aumentar sua capacidade e sua velocidade de operação. Os ingleses não dispunham em suas cidades de áreas livres como os americanos, porém não desistiram do seu uso, conscientes de que as rotatórias ofereciam menores taxas de acidentes e acidentes de menor gravidade, e continuaram buscando fórmulas para sua melhoria.

Na década de 1966 adotaram uma nova regra de utilização, na qual o fluxo entrante daria prioridade ao fluxo circulante, a regra do “DÊ A PREFERÊNCIA” ou “PARE”. Dessa forma o fluxo entrante ficou controlado pela habilidade do motorista em detectar brechas no fluxo circulante eliminando congestionamentos no interior da rotatória. Tal situação aumentou a capacidade das rotatórias que começaram a ser chamadas de Rotatórias Modernas. Este tipo de rotatória é muito comum na Inglaterra, Irlanda, Marrocos, Austrália, Dinamarca, França, Portugal, dentre outros países. A metade delas se encontra na França, número superior a 30 mil em 2008. Os EUA tiveram a sua primeira rotatória deste tipo em 1990 na cidade de Summerlin, Nevada (Wikipédia, 2010).

Este novo tipo de rotatória também chegou ao Brasil que a normatizou através da Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997 que institui o Código de Trânsito Brasileiro, estabelecendo a regra de prioridade para o caso das rotatórias, conforme estabelece o capítulo III, Artigo 29, inciso III :

- III- Quando veículos transitando por fluxos que se cruzem, se aproximem de local não sinalizado terá preferência de passagem:
- a) No caso de apenas um fluxo ser proveniente de rodovia, aquele que estiver circulando por ela;
 - b) No caso de rotatória, aquele que estiver circulando por ela;
 - c) Nos demais casos, o que estiver à direita do condutor.

A figura 24 traz uma cronologia da evolução tecnológica das rotatórias.

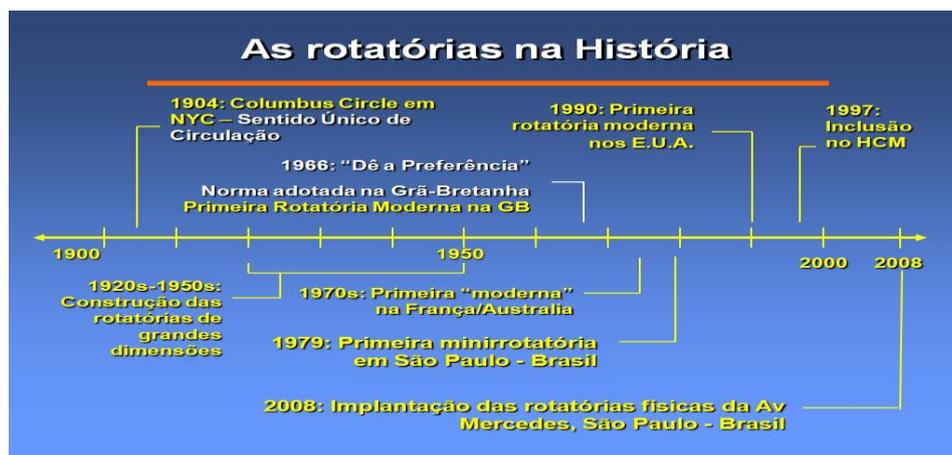


Figura 24: Evolução Tecnológica das Rotatórias.
Fonte: Ivo Lopes.

De acordo com o Kansas - *Roundabout Guide* (2003), os locais onde as rotatórias são geralmente vantajosas sobre as outras formas de controle de tráfego são:

- Interseções com históricos problemas de segurança;
- Interseções com volume de tráfego relativamente balanceado;
- Interseções com alta porcentagem de giros;
- Interseções com alto volume de tráfego na hora de pico, mas baixo tráfego nas horas fora pico;
- Interseções que podem acomodar virada em U (retorno);
- Interseções no acesso ou ponto de entrada a Universidades, áreas residências, urbanas ou comerciais;
- Interseções ou corredores onde a moderação de tráfego é desejada;
- Interseções onde o crescimento de tráfego esperado para o futuro é incerto;
- Rodovias com histórico de problemas de excesso de velocidade.

Os locais mais adequados para a implantação de rotatórias são aqueles plenamente visíveis desde a sua longínqua aproximação (SETRA apud Silva *et. all*, 2004). Partindo deste pressuposto, os locais ideais para implantação desse tipo de sinalização devem ser planos ou em depressões não muito acentuadas. Em qualquer caso a instalação de Rotatórias em locais inclinados não é aconselhada, pois dificultará a visibilidade do condutor.

A rotatória pode ser considerada uma escolha lógica se o desempenho operacional estimado é melhor do que outras alternativas de controle. Podem ser implantadas e fornecer melhorias a interseção reduzindo o atraso e aumentando a capacidade da interseção. Tipicamente são limitadas pelo número de brechas adequadas disponíveis por veículos que entram no cruzamento. Todavia permite que vários veículos entrem simultaneamente de diferentes aproximações, o que fornece uma capacidade adicional com conseqüências na redução dos atrasos em comparação com outras formas de interseção.

3.4.1 As características geométricas das rotatórias

As características geométricas de uma interseção deverão ser perceptíveis e facilmente reconhecíveis por qualquer condutor. As recomendações de dimensionamento buscam

garantir uma efetiva condição de segurança aos condutores que se aproximam do cruzamento. As mudanças de sentido como também a redução das velocidades na utilização da rotatória deverão apresentar valores praticáveis e, sobretudo, aceitáveis conforme o ambiente em que se encontra. Daí a necessidade de adotarmos geometrias simples e legíveis aos condutores.

Estudos demonstram que o registro de sinistros numa rotatória e o seu nível de capacidade estão diretamente relacionados com a geometria presente na entrada do cruzamento. Uma especial importância deverá ser dada a concepção da geometria da entrada da rotatória que, sem dúvida alguma, influencia o desempenho global da interseção. Para largura efetiva (e) de entrada recomenda-se utilizar valores compreendidos entre 4 e 12m, podendo em condições excepcionais atingir 15m. Já a largura mínima da faixa recomendada é de 3m.

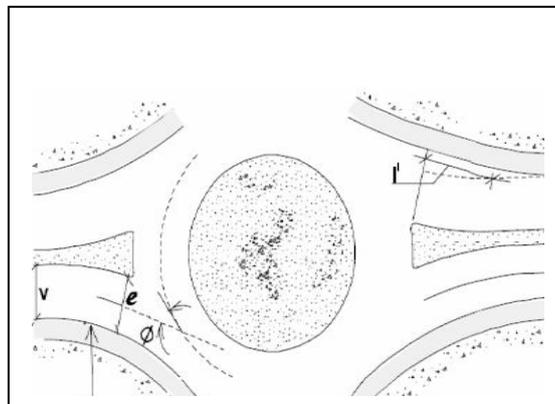


Figura 25: Largura efetiva de entrada de uma rotatória.
Fonte: Silva *et .all*.

Análise dos registros de acidentes nos EUA tem mostrado que as rotatórias produzem uma redução tanto na frequência como na gravidade dos acidentes. A principal razão para a redução da severidade dos acidentes deve-se a redução da velocidade operacional das rotatórias. Os pedestres podem ser acomodados mais seguramente, pois além de uma menor velocidade as ilhas de canalização como a central servem de refúgio.

Outro ponto interessante no dimensionamento de uma rotatória é o critério de **visibilidade**. Este critério busca planejar e ter uma área livre de obstáculos físicos, que venha a interferir na visibilidade dos condutores na aproximação de toda a área da rotatória. A tabela 06 mostra a distância de visibilidade de parada (DP) de acordo com velocidade da via.

Tabela 07: Distâncias de visibilidade

Velocidade (km/h)	40	50	60	70	80	100
Distância de visibilidade de parada (m)	40	60	80	100	120	180

Fonte: Silva *et. all.*

O critério de visibilidade de entrada busca assegurar que o condutor na aproximação da entrada consiga avaliar a distribuição dos intervalos entre os veículos (gap) e inserir-se com segurança na circulação. Para que este critério funcione seu campo de visão deve estar desobstruído em toda a rotatória.

No critério da visibilidade do anel assegura ao condutor que circule no anel visualizar a faixa de circulação a sua frente, ao longo do comprimento de segurança. Este critério também impõe restrições a colocação de qualquer elemento físico ou mudanças no nível do terreno da ilha central que obstrua a interseção

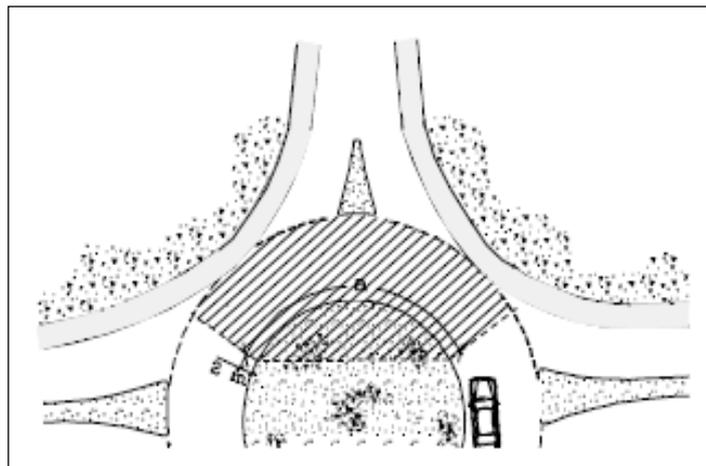


Figura 26: Critério de visibilidade do Anel

Fonte: Silva *et. all.*

Tabela 08: Distâncias recomendadas no critério da visibilidade do anel.

DCI (m)	< 40	40 - 60	60 - 100	> 100
Distância (a) em metros	Todo o cruzamento	40	50	70

Fonte: Silva *et. all.*

A utilização de rotatórias ou mini-rotatórias no ordenamento do tráfego como uma técnica de moderação de tráfego poderá resultar em soluções eficientes do ponto de vista da circulação e segurança rodoviária (SILVA *at. all*, 2004).

A seguir apresenta-se uma classificação mais precisa sobre os tipos de rotatórias, segundo o FHWA, Roundabout an Informational Guide (2000):

- **Mini-rotatória:** são rotatórias pequenas construídas em ambientes urbanos. Devido ao seu pequeno tamanho, os veículos largos ao realizarem movimentos de conversões podem passar sobre a ilha central. Contudo, as mini-rotatórias são projetadas para acomodar os automóveis exigindo que os motoristas conduzam os veículos em torno da ilha central. O controle de velocidade é realizado pelos motoristas ao contornarem a ilha central. Ela pode ser útil em ambientes urbanos com baixas velocidades e volumes em casos onde há impedimentos na utilização de rotatórias convencionais. Apresentam uma ilha com um diâmetro variando entre 1 e 4 metros, podendo apresentar uma ilha construída em material semelhante ao da rodovia onde está ou apenas desenhada com tinta. São relativamente baratas porque geralmente exigem pavimento adicional mínimo na sua construção. A capacidade esperada por esse tipo de rotatória é muito semelhante à capacidade das rotatórias urbanas compactas.

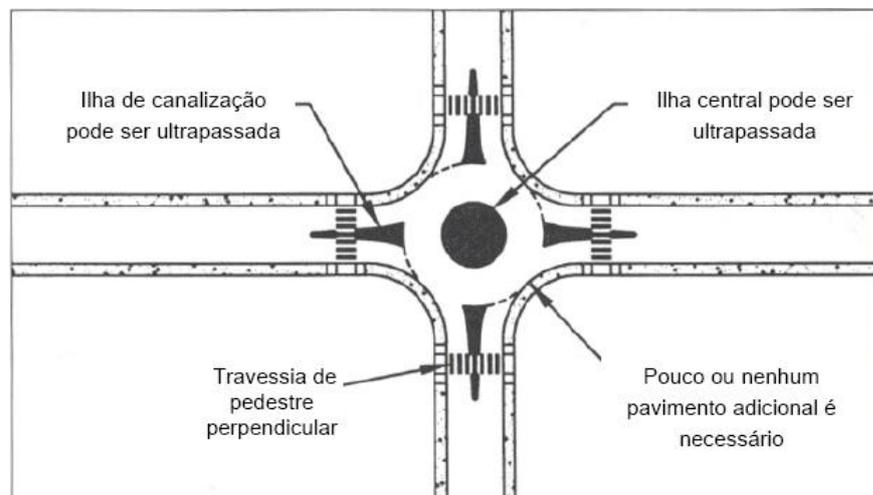


Figura 27. Mini-Rotatória.

Fonte: Federal Highway Administration – FHWA , adaptada.

- **Rotatória urbana compacta:** são caracterizadas por apresentarem o diâmetro do círculo inscrito na interseção variando entre 30 e 37 metros. Apresentam uma ilha central

relativamente elevada não permitindo que os veículos passem sobre a ilha. Este tipo de rotatória é desejada por ciclistas e pedestres, pois a configuração de suas aproximações fazem com que as velocidades dos veículos sejam baixas fazendo o direito de distinção na entrada e na saída do anel de circulação. O principal objetivo deste projeto é permitir ao pedestre uma eficaz segurança no uso da interseção.

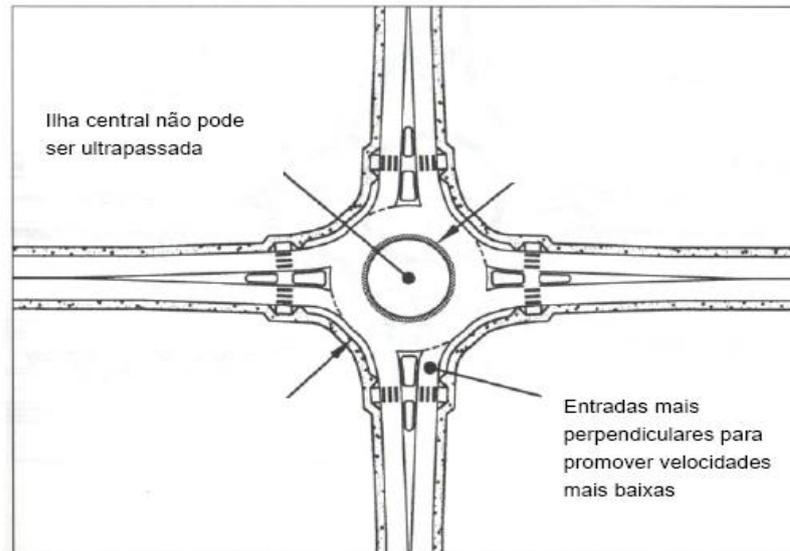


Figura 28. Rotatória Urbana Compacta.
Fonte: FHWA, adaptada.

- Rotatória Urbana com uma faixa de tráfego: Este tipo de rotatória é caracterizada por ter uma faixa de tráfego em todas as aproximações e uma única faixa no anel de circulação. São diferenciadas das rotatórias urbanas compactas por apresentarem um diâmetro do círculo inscrito entre 37m e 45 m, e suas entradas e saídas são postadas tangencialmente em relação ao anel de circulação, o que aumenta sua velocidade de operação. O projeto geométrico permite que as ilhas de canalização e a ilha central sejam elevadas.

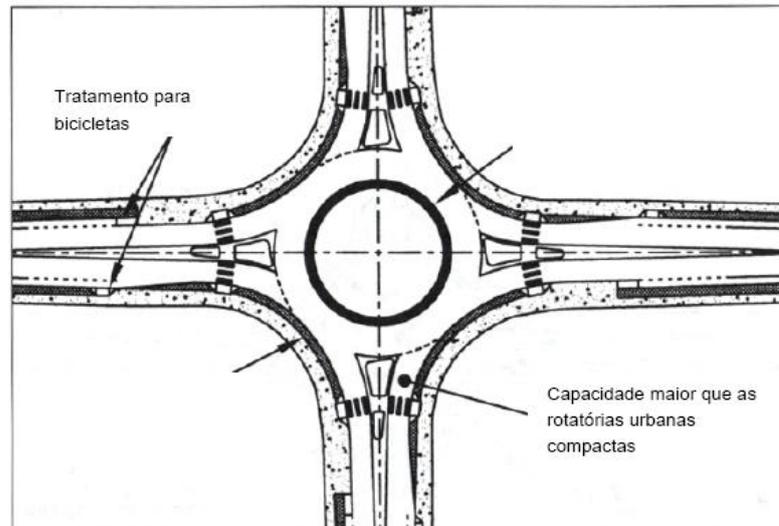


Figura 29. Rotatória Urbana com uma faixa de tráfego.
Fonte FHWA(2000). Adaptada.

- Rotatória Urbana com duas faixas de tráfego: Este tipo de rotatória inclui todas as rotatórias em áreas urbanas que tem no mínimo uma entrada com duas faixas por sentido. Este tipo de rotatória requer um anel de circulação maior para acomodar os veículos em movimentos. As velocidades de entrada, de circulação, e de saída são similares aquelas das rotatórias urbanas com faixa simples. Novamente, é importante que a velocidade dos veículos seja compatível com o tipo de rotatória. O projeto geométrico poderá incluir um divisor de fluxo elevado, uma ilha central também elevada.

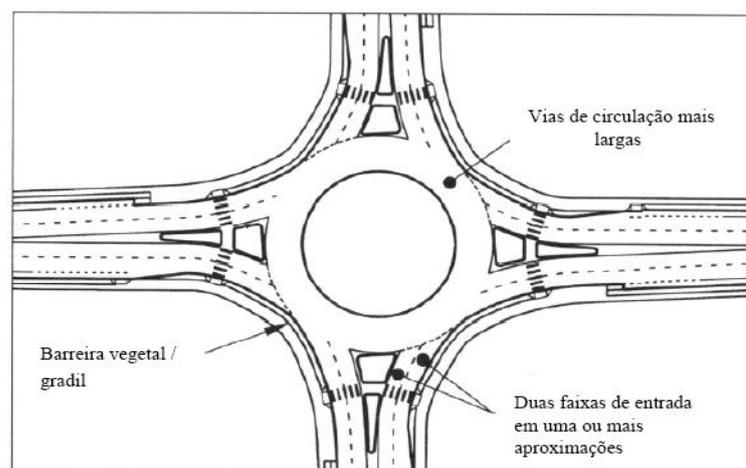


Figura 30: Rotatória Urbana com duas faixas de tráfego.
Fonte FHWA(2000). Adaptada.

- Rotatória Rural com uma faixa de tráfego: este tipo de rotatória apresenta um diâmetro maior que as rotatórias urbanas permitindo altas velocidades na entrada, circulação e saída. Isto é possível quando pode-se garantir poucos pedestres nesta interseção atualmente e no futuro. Elas estão geralmente localizadas em ambientes que proporcionam altas velocidades. Também requerem um dispositivo de tratamento para o controle de tráfego na aproximação, fazendo com que os motoristas desenvolvam uma velocidade compatível com a velocidade de projeto da rotatória.

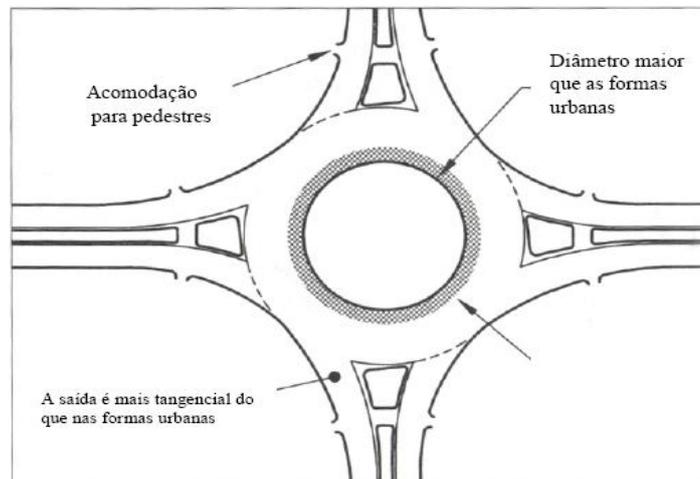


Figura 31. Rotatória Rural com uma faixa de tráfego.
Fonte FHWA(2000). Adaptada.

- Rotatória Rural com duas faixas de tráfego: este tipo de rotatória tem características similares às rotatórias urbanas de faixa simples. Conseqüentemente, muitas características do seu traçado são semelhantes ao das rotatórias urbanas. A principal diferença no seu projeto é a velocidade de entrada ligeiramente superior e diâmetros maiores.

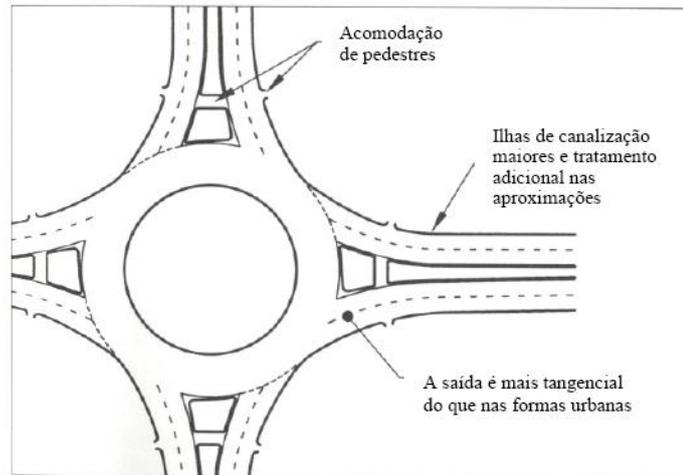


Figura 32. Rotatória Rural com duas faixas de tráfego.
Fonte FHWA(2000). Adaptada.

Existem outras classificações que não foram citadas entre as quais podemos citar Rotatórias Desniveladas, Rotatórias Semaforizadas, Rotatórias Duplas e Rotatórias Dispostas em Anel. Estas demais rotatórias não serão abordadas neste trabalho. A tabela 9 traz um resumo das características de projeto de alguns tipos de rotatórias

Tabela 09: Tipos de Rotatórias e características do Projeto.

Alguns tipos de rotatórias e suas características de projeto				
Elementos de Projeto	Mini-rotatória	Urbana Compacta	Urbana com uma faixa de tráfego	Urbana com duas faixas de tráfego
Velocidade de projeto máxima recomendada na entrada da interseção	25 km/h	25 km/h	35 km/h	40 km/h
Máximo número de faixa de entrada por aproximação	1	1	1	2
Tamanho do diâmetro do círculo inscrito	15 - 27 m	30-37 m	37-45 m	46-67 m
Volume de serviço de um dia típico em rotatórias com quatro aproximações (veíc./dia)	15.000	15.000	20.000	Aproximadamente 40.000 - 50.000

Fonte FHWA(2000). Adaptada.

A implantação de rotatórias requer grandes espaços. A crescente urbanização das cidades, o aumento da densidade do uso do solo e os altos custos de desapropriação tornam cada vez mais difíceis a utilização de rotatórias. Diante dessa dificuldade, a idéia do uso de rotatórias de menor tamanho ganha importância. Neste contexto as mini-rotatórias apresentam-se como uma solução adequada e será abordada no próximo item.

3.5 Mini-rotatórias

Em 1971 o *Transport and Road Research Laboratory* (TRRL) realizou experiências no sentido de demonstrar que a capacidade viária de uma rotatória poderia ser aumentada, por meio da redução do tamanho da ilha central e/ou do aumento da largura das aproximações, próximo da faixa de retenção. Estabeleceu-se que o diâmetro desta pequena ilha poderia ter até 1/3 do diâmetro do círculo inscrito na área do cruzamento. Nos locais em que forem obstruídos os movimentos de conversão de ônibus ou caminhões, ela pode ser substituída por outra ilha sem guia (apenas pintada com tinta termoplástica), com diâmetro de um a quatro metros. Com o sucesso dessas experiências a utilização de mini-rotatórias entrou no rol das soluções para o controle de tráfego nos países europeus, se estendendo posteriormente pelos demais países.

As mini-rotatórias podem ser classificadas em dois tipos conforme o tipo da ilha central: mini-rotatória com ilha central física ou mini-rotatória demarcada com sinalização horizontal.

- Mini-rotatória com ilha central física

Este tipo de mini-rotatória tem como característica uma ilha central física, construída em asfalto, concreto portland, tijolos ou outro material. Tem como vantagens a diminuição das velocidades praticadas; não polui (semáforo ecológico); um maior respeito ao direito de preferência; uma área da ilha possivelmente permeável; poucas demoras (atrasos) e uma circulação ordenada, contínua e segura.

Entre as desvantagens podemos citar os custos de manutenção em relação às mini-rotatórias demarcadas com sinalização horizontal; desconfortos dos veículos maiores ao trafegarem sobre a ilha central; custos de implantação e possíveis colisões dos veículos com a ilha.

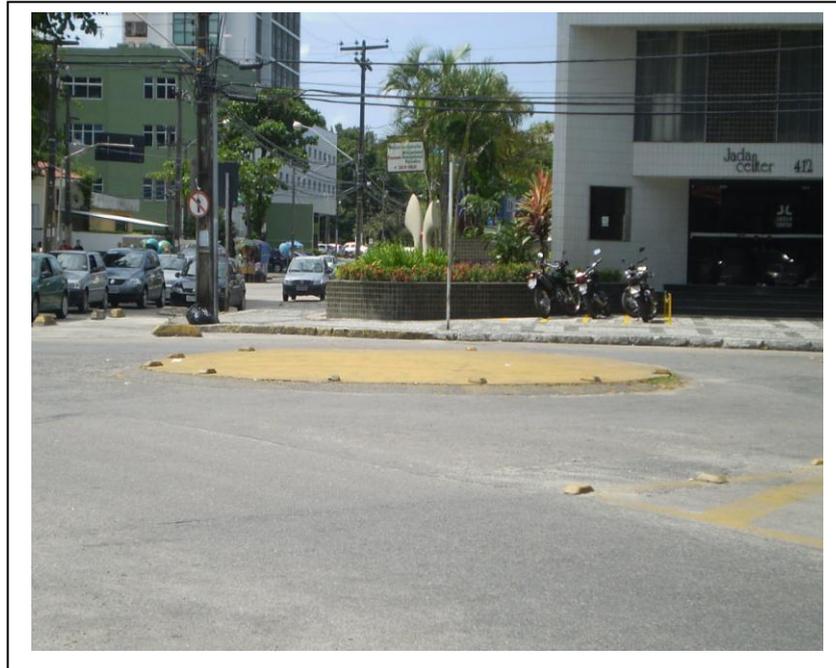


Figura 33: mini-rotatória com ilha central física.

- Mini-rotatória demarcada com sinalização horizontal

Este tipo de mini-rotatória tem como característica principal a presença de uma ilha central demarcada apenas com sinalização horizontal. Esta demarcação é feita com tachões formando uma ilha circular no centro da interseção.

Tem como vantagens o baixo custo de implantação; conflitos menos agudos; não polui (semáforo ecológico); diminuição das velocidades praticadas; não ocorrem colisões dos veículos com a ilha central; ótimo rendimento em condições adversas; poucas demoras (atrasos) e circulação ordenada, contínua e segura.

Entre as desvantagens podemos citar: manutenção constante (paisagismo); alta taxa de desrespeito a preferência da faixa giratória; não apropriadas para alto volume de pedestres e os veículos podem trafegar facilmente sobre a ilha.



Figura 34: Mini-rotatória demarcada com sinalização horizontal.
Fonte: Sergio Barnabé.

Atualmente estima-se que o número de mini-rotatórias implantadas na Inglaterra é superior a 3.000. A França é outro país que passou a utilizar intensivamente o conceito da mini-rotatória (*Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehrs*, RDA, 1999).

Sawer (2009) definiu alguns aspectos relacionados à segurança na aplicação de mini-rotatórias:

- Os motoristas devem saber a tempo suficiente que estão se aproximando de uma mini-rotatória;
- Deve haver um controle apropriado da velocidade, evitando colisões e minimizando a severidades dos acidentes que venham a acontecer;
- Motoristas e ciclistas devem ser capazes de ver uns aos outros claramente e em todas as condições de luminosidade;
- Os pedestres devem atravessar a via na faixa de pedestres e não sobre a ilha central;
- A seleção do local será sempre baseada em critérios objetivos;

- Deve ter em mente que apenas a ilha central não reduz a velocidade de aproximação, e sim todo um projeto de sinalização e canalização do fluxo.

Na opinião de Bodé (2006) as seguintes razões justificam a utilização de mini-rotatórias:

- Melhorar a operação de uma interseção existente;
- Evitar acidentes;
- Implantar a moderação de tráfego (traffic calming).

Embora seja um projeto em escala menor, quando comparado com outros tipos de rotatórias, elas estão sujeitas as mesmas regras de trânsito. Ao redor da ilha existem três flechas brancas indicando ao motorista o correto sentido de circulação. A passagem dos veículos na interseção depende de um intervalo crítico de tempo (gap) entre os veículos no fluxo principal, o que é ideal para os locais onde o volume nas aproximações não é elevado, reduzindo a formação de filas.

Para o *Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehrs* (1999) a implantação deste tipo de sinalização vem ao caso quando surgem as seguintes situações que justificam uma readequação da interseção:

- Acidentes eventuais;
- Capacidades insuficientes;
- Altas velocidades;
- Baixa aceitação na regra de preferência.

Um estudo realizado pela CET-SP mostrou respostas positivas. “Embora fosse uma geometria diferente para os motoristas, o índice de desrespeito foi baixo (cerca de 10%); quanto à redução das velocidades, os resultados foram excelentes: o motorista que antes trafegava (em média) a 60 km/h reduziu para 35 km/h (Barnabé, pág 1)”

A figura 35 mostra 32 pontos de conflitos gerados em uma interseção com duplo sentido de direção nas quatro aproximações. Já a fig. 36, com uma mini-rotatória, ver-se a mesma interseção com os pontos de conflitos reduzidos a 8.

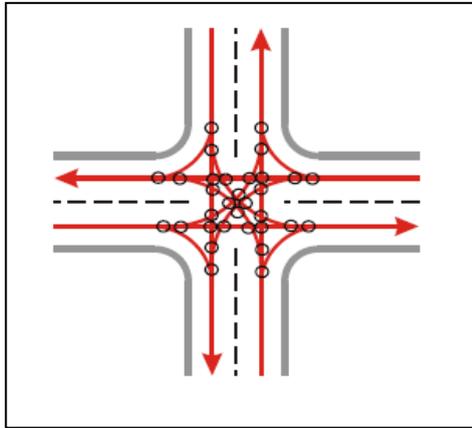


Figura 35: Pontos de conflitos de tráfego antes da mini-rotatória. Fonte: CET - SP

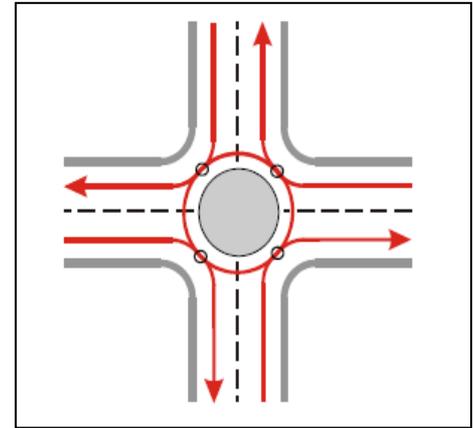


Figura 36: Pontos de conflitos de tráfego depois da mini-rotatória. Fonte: CET - SP

Uma mini-rotatória pode aumentar a operação de uma interseção através de (Bodé, 2006):

- Aumento da capacidade de interseções sobrecarregadas;
- Redução dos atrasos nas vias;
- Dá prioridade para o giro a direita ou esquerda (de acordo com o país).

O organograma da figura 37 define alguns passos considerados importantes no processo de planejamento de uma mini-rotatória segundo o *Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehrs* (1999):

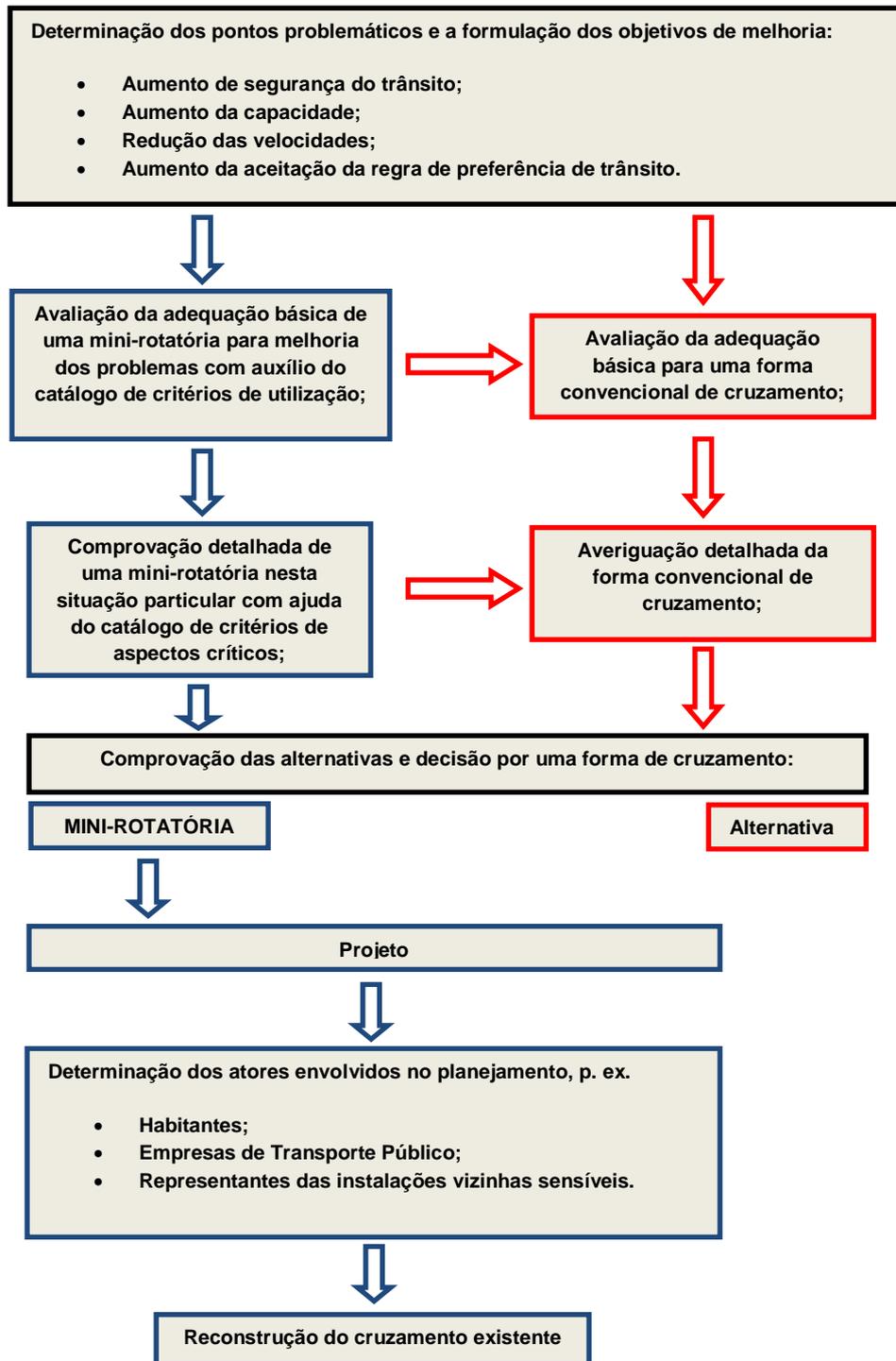


Figura 37. Passos no planejamento de uma mini-rotatória.
 Fonte : Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehrs(1999).

Os critérios de utilização são as situações de acidentes que passam a ser notadas, capacidade insuficiente, altas velocidades, economia e insuficiência de área. Enquanto que os aspectos críticos correspondem a reconhecimento deficiente, altos volumes de tráfego, carregamentos desiguais nas aproximações da rotatória, topografia desfavorável, carência de espaço, localizações fora da área construída, transporte público e alto percentual de tráfego pesado.

Há uma série de questionamentos sobre quais são os pré-requisitos necessários na escolha de um local destinado a instalação de uma mini-rotatória. Muitas autoridades inglesas preferem não utilizar mini-rotatórias em cruzamentos apenas por causa dos registros de acidentes.

Bodé (2006) introduziu a regra do polegar ao afirmar que se menos de 10% do fluxo fizer giro na interseção não é viável instalar este dispositivo. Na realização de um projeto é necessário todo um estudo desde as características da via até o fluxo de tráfego existente.

As informações a seguir são necessárias para planejar adequadamente uma mini-rotatória:

- A quantidade de linhas de transportes públicos que trafegam pelo local e suas respectivas frequências;
- Os volumes de pedestres e ciclistas;
- A geometria do cruzamento existente (plantas do cruzamento);
- Distâncias dos cruzamentos vizinhos;
- Proximidades de instalações sensíveis, como escolas, asilos ou instalações para deficientes;
- O volume de tráfego para o pico da manhã e da tarde separado por tipo de veículo;
- Dados de acidentes nos cruzamentos existentes;
- Limitações de velocidades de saídas;
- Regulamento do trânsito nos cruzamentos vizinhos.

Bodé (2006) diz que a confiança numa possível melhora na segurança do cruzamento não deve ser colocada apenas na existência da ilha central, mas numa série de questões a serem levantadas e discutidas. Uma vez que há muitos exemplos em que o posicionamento da ilha central é fraco e permite que os motoristas trafeguem sobre a mesma ou não respeitem o sentido de circulação.

A figura 38 mostra este problema e a figura 39 duas possíveis soluções.

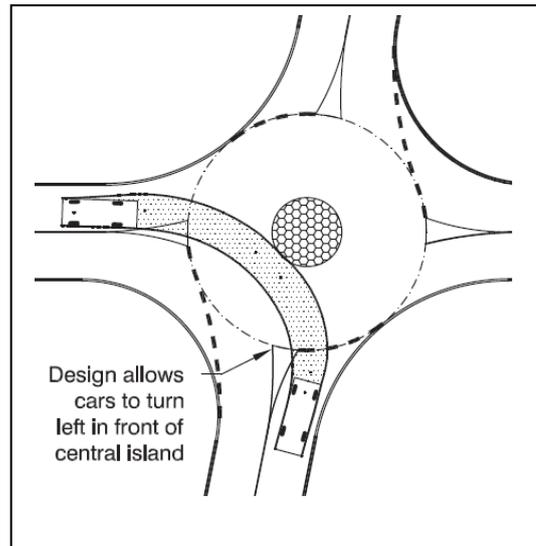


Figura 38: Dimensão da ilha central incorreta, permitindo manobras perigosas pelos condutores.
Fonte: FHWA.

A figura 39 mostra duas possíveis soluções que impossibilitam manobras perigosas na utilização da mini-rotatória. Podemos, então, destacar o prolongamento dos divisores de faixa de rolamento além da linha de cedência de preferência ou o aumento do diâmetro da ilha central, respectivamente.

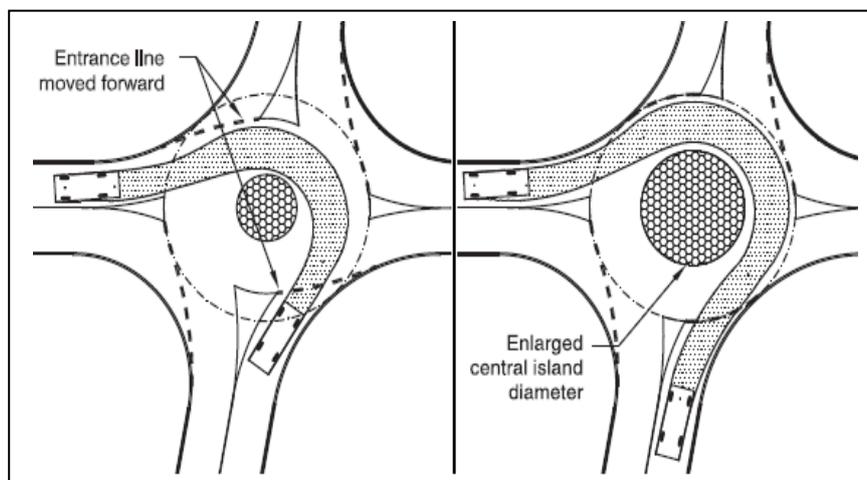


Figura 39: Prolongamentos dos divisores de faixa de rolamento além da linha de cedência de preferência e o aumento do diâmetro da ilha central, ocasionando uma maior segurança na utilização do cruzamento, respectivamente. Fonte: FHWA.

Apesar de ser uma solução barata ao compará-la com outras formas de interseções, vale lembrar que não constitui uma solução perfeita. O seu projeto requer não só sinalização horizontal e vertical, podendo requerer, ainda uma remodelação da geometria das vias que se interceptam.

Bodé(2006) definiu quais as características das vias onde NÃO é recomendado a utilização de uma mini-rotatória:

- Vias com duas faixas por sentido;
- Interseções com 5 (cinco) ou mais aproximações;
- Não há escopo para a redução de velocidade de aproximação;
- A velocidade de 85% percentil exceder o limite de 56 km/h.

Projetar mini-rotatórias não é só um simples exercício e requer um estudo aprofundado incluindo a iluminação da interseção, um projeto de alinhamento das vias, uma possível previsão da vida útil da mini-rotatória, tudo isso agregado ao fator custo de implantação e manutenção (Ibid).

Para um melhor entendimento das características geométricas de uma mini-rotatória será descrito os principais itens a serem considerados para melhor planejar este tipo de dispositivo:

- **Diâmetro do Círculo Inscrito (DCI)** na interseção: é uma das principais características que define uma mini-rotatória. Tem a finalidade de permitir que os veículos possam desviar da ilha ao trafegarem pela faixa de circulação. O diâmetro deve estar compreendido entre 13 e 25m. Medidas inferiores a 13 m não oferecem desvio adequado a veículos maiores, o que ocasionará o tráfego sobre a ilha central;
- **Faixa de Circulação ou Canalização (FC):** a faixa ao redor da ilha central, conhecida como faixa de circulação, deverá ser ao máximo possível circular. Tal fato deve-se a obrigatoriedade da mesma permitir aos veículos o desvio adequado ao entrarem na interseção. A largura da faixa deverá ser baseada nos raios de giros especificados nos manuais da região a ser implantada. Para Diâmetro do Círculo Inscrito entre 13,0 m e 15,0 m a largura da faixa de circulação deve ser de 4,5 m (*Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehrs*, RDA, 1998);

- **Ilha Central (IC):** é um elemento marcante e central para uma mini-rotatória. Devido a IC os veículos desviam-se do centro da interseção, de forma a contorná-la. Este comportamento faz com que haja uma redução dos pontos de conflitos. É ideal que o posicionamento da ilha seja no centro da interseção, caso não seja possível esta poderá ser deslocada de forma a permitir a fluidez do tráfego. Posicionamento errado da IC permitirá que os veículos trafeguem sobre a mesma, levando a descrédito as normas que regem a circulação na interseção. Os manuais internacionais também destacam a importância da altura da IC, afim de que a mesma seja respeitada. Tal altura é da ordem de 12,5 cm, dependendo do tipo de veículo que trafega no local, podendo ser reduzida a uma altura de 6,0 cm em rotas de transporte público. Há situações em que a mesma é apenas nivelada. A sua composição poderá ser feita de diversos tipos de materiais, desde o pavimento existente na via até materiais como tijolos cerâmicos, concretos etc. É importante que a IC seja pintada com tinta refletiva a fim de permitir seu reconhecimento a uma distância segura;
- **Divisores de Faixa de Rolamento (DFR):** os divisores podem ser utilizados em mini-rotatórias adequando-se ao local. Dependendo das características da via nem sempre é possível a utilização do DFR. Os critérios que deverão ser avaliados na implantação são os volumes de pedestres, os volumes de tráfego, os recursos financeiros e o espaço disponível. Caso não se opte pela construção de DFR, o mesmo poderá ser apenas pintado no pavimento, reduzindo assim os custos;
- **Faixa de Pedestres (FP):** No caso de mini-rotatórias é muito importante a implantação de faixa de pedestres. Devido a curta distância das faixas de entrada e saída que dificulta a travessia de pedestres, pois estes têm problemas na avaliação do momento exato de travessia. Tal implantação é obrigatória quando existe um elevado número de pedestres atravessando nas aproximações. A faixa de pedestres deverá ser localizada a uma distância de 4 m antes da linha de preferência de passagem, não importando se a faixa é de aproximação ou de saída;
- **Deflexão:** a deflexão é um elemento importante de projeto e está relacionada a ilha central. O que não pode acontecer é que o projeto considere uma mini-rotatória como apenas uma marcação viária, mas que se analisem as consequências que um traçado inadequado pode ocasionar. Velocidades incompatíveis com a deflexão fornecida podem resultar em acidentes;

- **Visibilidade:** para que uma mini-rotatória possa funcionar como pretendida é essencial que a interseção forneça uma visibilidade adequada para os motoristas, ou seja, os movimentos de conversão à direita, à esquerda e em frente deverão ser perceptíveis por todos que se aproximam a uma distância de 40 m, inclusive aqueles que estão contornando a ilha central;
- **Largura da faixa de aproximação e da faixa de saída:** por ser um projeto simples e de baixo custo o ideal é manter as dimensões da seção transversal da via. Dimensões normalmente recomendadas estão entre 3,5 m e 3,75m;
- **Ciclistas:** não há nenhum impedimento de utilização pelos ciclistas de mini-rotatórias. Eles deverão circular normalmente e em conjunto com os veículos. Tal atenção deverá ser direcionada caso exista ciclovia, pois esta deverá terminar antes da mini-rotatória e reiniciar após a passagem pela mesma;
- **Tráfego Pesado:** embora necessitem de maiores raios de giro, que as mini-rotatórias não dispõem, os veículos pesados poderão trafegar por áreas sinalizadas com este tipo de dispositivo. Graças à altura da ilha central os veículos poderão trafegar sobre a mesma;
- **Capacidade:** este item exige uma análise de diversos manuais internacionais, sabendo-se que a capacidade de uma mini-rotatória está diretamente relacionada com o fluxo que chega a interseção. Nesta análise pode-se observar o seguinte:

Tabela 10: Volume Médio Diário na interseção.

MANUAL	VMD (UCP)
ALEMÃO	17.000,00
AMERICANO -FWHA	15.000,00
CET- SÃO PAULO*	1.000,00

*Soma dos veículos no cruzamento na hora pico não deve ser superior.

- **Paisagismo:** As mini-rotatórias apresentam uma ilha com aproximadamente 1/3 do diâmetro do círculo inscrito na interseção, fazendo com que os veículos de maiores dimensões (caminhões e ônibus) transitem sobre a ilha. Portanto não se recomenda a utilização de monumentos, dispositivos que dificultem ou impeçam que estes veículos trafeguem sobre a ilha. O paisagismo restringe-se a visibilidade dos condutores.



Figura 40: Principais elementos de projeto de uma mini-rotatória.

O projeto de sinalização constitui um item muito importante no funcionamento de uma mini-rotatória. Deve ser ofertado aos motoristas uma série de características que permitam uma adequada aproximação e utilização da mini-rotatória. Uma vez que sua aplicação não é definida apenas pela sinalização, mas sim por todo um conjunto de itens pertinentes.

Um projeto de sinalização vertical de uma mini-rotatória deve contemplar a instalação de 16 placas, em interseções com 04 aproximações. Sendo 04 placas de “Dê a Preferência e Sentido Circular Obrigatório”, 04 placas para “alertar a existência da mini-rotatória à frente”, 04 placas de “Proibido Parar e Estacionar, Início e Fim”. As figuras 41 a 46 detalham a sinalização vertical:

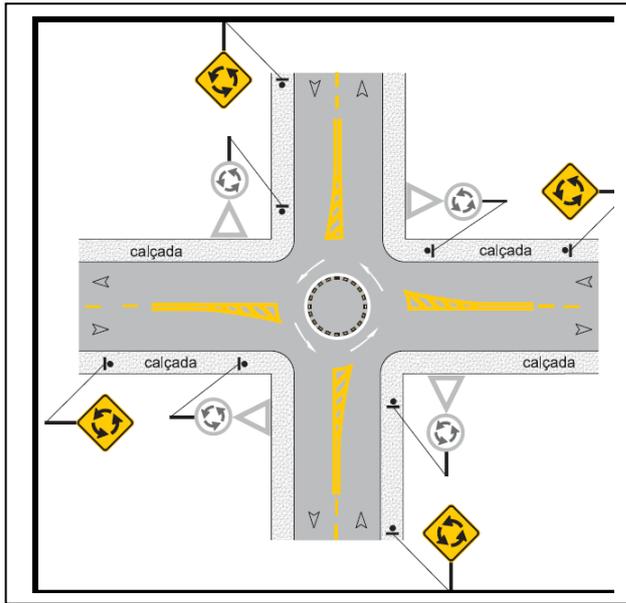


Figura 41: Placa A12 instalada a 40 metros antes do cruzamento. Fonte: CONTRAN



Figura 42: Vista da Placa A12 instalada a 40 metros antes do cruzamento.

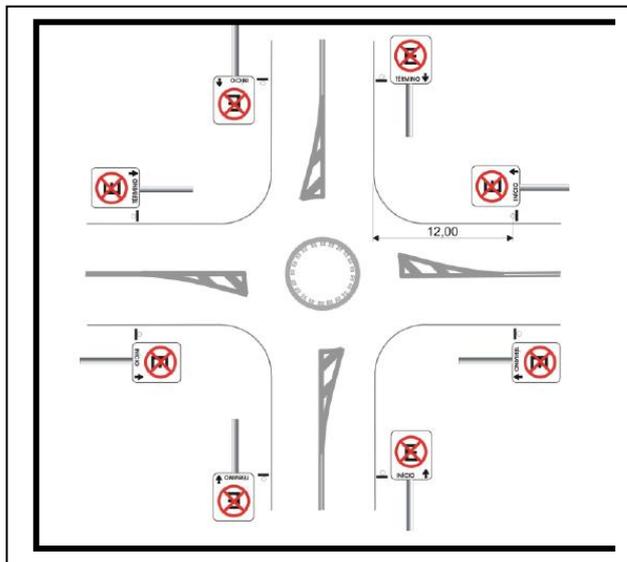


Figura 43: Placas R6 c1 e R6 c2, instaladas a 12 m do cruzamento (Proibido estacionar e parar, Início e Fim). Fonte: CET.



Figura 44: Vista da Placa R6 c1, instalada a 12 m do cruzamento (Proibido estacionar e parar, Início).

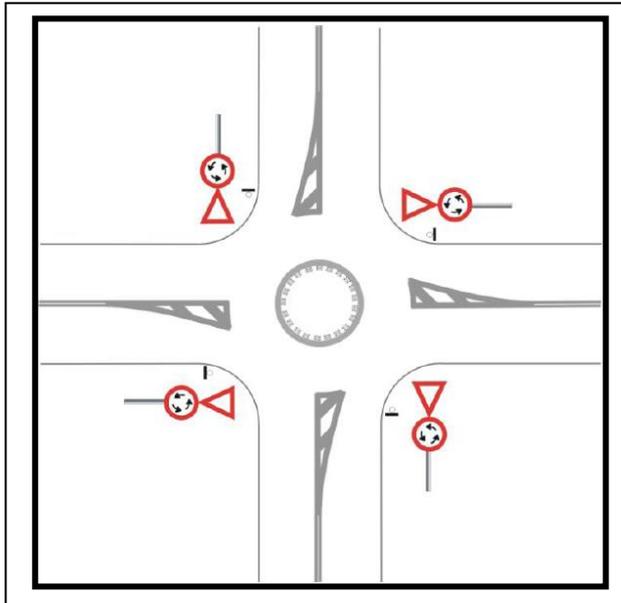


Figura 45: Placas R2 e R33 (Dê a Preferência e Sentido Circular Obrigatório). Fonte: CET



Figura 46: Vista das placas R2 e R33 (Dê a Preferência e Sentido Circular Obrigatório).

O projeto de sinalização horizontal é composto pelas marcações viárias como a faixa de pedestres, divisores de faixa de rolamento, tachas refletivas e setas ao redor da ilha indicando o sentido correto de circulação. As figura 47 e 48 detalham o projeto de sinalização horizontal:

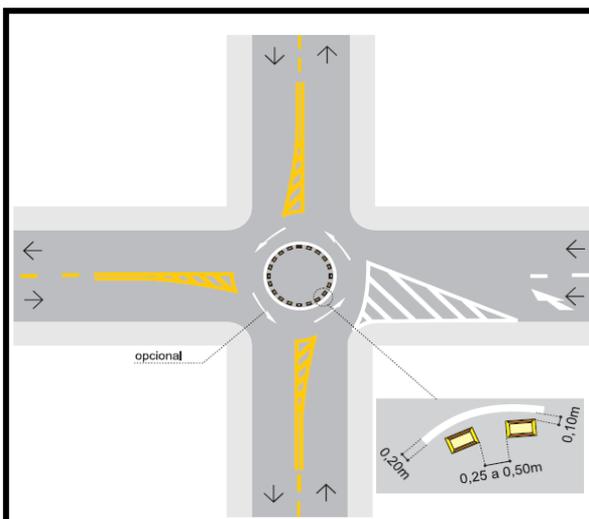


Figura 47: Sinalização horizontal de uma mini-rotatória. Fonte: CONTRAN.



Figura 48: Vista da sinalização horizontal de uma mini-rotatória.

Sawer (2009) comenta que as autoridades públicas americanas estão gastando milhares de dólares instalando, operando e mantendo semáforos em interseções onde rotatórias poderiam operar de maneira mais barata, segura, com menos atrasos e com menos poluição do ar.

Como todo projeto de sinalização, as mini-rotatórias também apresentam uma série de restrições conforme a lista abaixo:

- O número de faixas de aproximação não deve exceder o número de faixas de saída;
- A composição do tráfego pode afetar a operação e a efetividade da mini-rotatória, não sendo recomendado utilizá-la em locais com altas proporções de veículos pesado;
- Crianças, idosos e deficientes apresentam dificuldades de travessias em interseções com mini-rotatórias;
- O comportamento dos motoristas e dos órgãos da Administração Pública influenciam diretamente no desempenho da mini-rotatória. Como exemplo pode citar: o desrespeito às normas de trânsito, erros de projeto, sinalização deficiente, falta de manutenção, fiscalização, punição exemplar etc;

A partir de 1970 passou-se a difundir o conceito de Moderação do Tráfego (Traffic Calming), que tem por objetivo amenizar a velocidade do tráfego, reduzindo os números e severidades dos acidentes em áreas urbanas e rurais. As mini-rotatórias têm desempenhado um papel muito importante na moderação do tráfego de maneira segura e útil. Os motoristas passam a prestar mais atenção ao cruzamento e conseqüentemente reduzem a velocidade de aproximação.

4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O fator motivador que originou este estudo foi a baixa utilização das mini-rotatórias na área urbana da cidade do Recife. Buscando assim esclarecer as dificuldades enfrentadas pelos responsáveis pela gestão do tráfego e mostrá-las como uma solução simples e econômica que pode estar disponível aos engenheiros de tráfego de qualquer cidade brasileira.

A partir de visitas a campo foi possível perceber 08 mini-rotatórias em operação na cidade do Recife. Esta constatação pode ser verificada em muitos outros municípios brasileiros. Quando a utilizam, considerando a escassez de estudo sobre o tema, muitas vezes a fazem de uma maneira incorreta e sem uma fundamentação teórica mais aprofundada.

Documento de normativa técnica deste tipo de equipamento elaborada por órgãos de trânsito brasileiro é raríssimo. O DNIT dispõe do Manual de Projetos de Interseções que constitui uma literatura voltada para o tratamento de interseções nas suas mais variadas formas e ambientes envolvidos. No entanto este manual aborda e normatiza as rotatórias “de maiores dimensões”, não tratando, entretanto, de mini-rotatórias.

Conforme já comentado, apenas a publicação da CET-SP “Mini-rotatória: Um projeto simples e eficiente para redução de acidentes”, trata do desempenho de interseções urbanas com mini-rotatórias e salienta os benefícios de sua utilização.

O procedimento metodológico empregado na presente pesquisa é:

- Mapeamentos das mini-rotatórias existentes no Recife;
- Características geométricas das mini-rotatórias;
- Análise do projeto de sinalização das mini-rotatórias;
- Contagem volumétrica classificatória;
- Os acidentes de trânsito em mini-rotatórias;
- Os custos de utilização de semáforos x mini-rotatórias;
- A visão de alguns engenheiros de tráfego sobre a utilização de mini-rotatórias.

4.1 Mapeamentos das Mini-rotatórias existentes no Recife.

Para entendermos a situação das mini-rotatórias existente na cidade do Recife, foi realizado um levantamento das mini-rotatórias em operação. A cidade hoje dispõe de 08 mini-rotatórias localizadas em 07 bairros, conforme lista abaixo.

- Mini-rotatória do cruzamento da Avenida General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá – Bairro da Cidade Universitária;
- Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito – Bairro do Campo Grande;
- Mini-rotatória do cruzamento da Rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel - Bairro da Ilha do Leite;
- Mini-rotatória no acesso ao Túnel Chico Science (duas mini-rotatórias) - Bairro da Madalena;
- Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada das Ubaias com a Rua Conselheiro Nabuco - Bairro de Casa Amarela;
- Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes - Bairro do Bongí;
- Mini-rotatória do cruzamento da Rua Badejo com a Rua João Marques dos Anjos – Bairro de Brasília Teimosa.

A análise será focada em cinco delas, devido à disponibilidade de dados sobre volumes de tráfego. Sendo assim foram excluídas as mini-rotatórias do Bairro de Brasília Teimosa e do Bairro da Madalena (acesso ao túnel). Na lista acima apenas a mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes e a mini-rotatória do cruzamento da Rua Badejo com a Rua João Marques dos Anjos – Bairro de Brasília Teimosa foram implantadas pela Companhia de Trânsito e Transportes Urbanos – CTTU, no ano de 2004, desde a sua criação há aproximadamente uma década.

As demais têm data de criação e órgão responsável pelo projeto desconhecido, podendo ser de responsabilidade do DETRAN-PE, URB ou da Empresa metropolitana de Transportes Urbanos - “EMTU” atual Grande Recife Consórcio de Transportes que outrora foram

responsáveis por projetos de circulação na cidade do Recife. A figura 49 mostra a localização das mini-rotatórias estudadas na cidade do Recife.

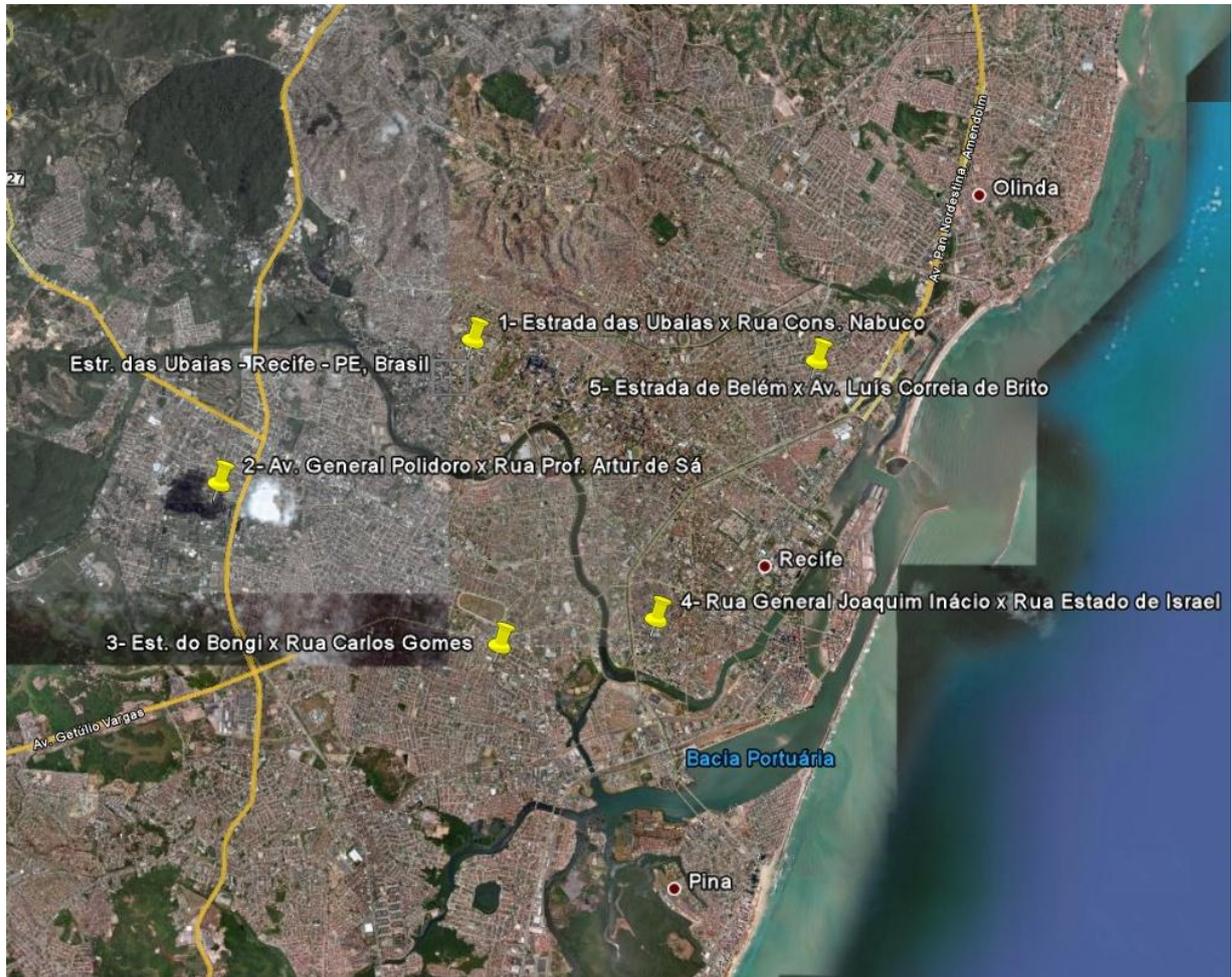


Figura 49: Localização das mini-rotatórias estudadas na Cidade do Recife.
Fonte: Google Earth (2010)

Enquanto vários países estudam e utilizam este tipo de dispositivo, na cidade do Recife as mini-rotatórias estão em segundo plano. Este fato pode ser observado ao analisarmos a presença de 631 cruzamentos semaforizados e apenas 8 cruzamentos com mini-rotatórias. As figuras 50 a 54 mostram as citadas mini-rotatórias.



Figura 50: Mini-rotatória do cruzamento da rua Estrada de Belém com a Av. Luis Correia de Brito



Figura 51: Mini-rotatória do cruzamento da rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel



Figura 52: Mini-rotatória do cruzamento da rua Estrada do Bongü com a Rua Carlos Gomes.



Figura 53: Mini-rotatória do cruzamento da Av. General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá.



Figura 54: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada das Ubaias com a Rua Conselheiro Nabuco.

4.2 Características geométricas das mini-rotatórias.

No quadro conceitual desta Dissertação foi apresentado as características geométricas dos diversos tipos de rotatória, dentre elas o diâmetro da ilha central se destacava como um dos mais importantes. Nas visitas em campo foram levantadas todas estas características das cinco mini-rotatórias a serem analisadas neste estudo.

A tabela 11 apresenta algumas características geométricas das mini-rotatórias em operação:

Tabela 11: Características geométricas das mini-rotatórias estudadas.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DAS MINI-ROTATÓRIAS							
MINI-ROTATÓRIA	DCI (m)	DIC (m)	ALTURA DA ILHA (cm)	NÚMERO DE FAIXAS NA APROXIMAÇÃO	DRENAGEM PROXIMA A ILHA CENTRAL	TRAFEGAM ÔNIBUS	TRAFEGAM CAMINHÕES
No cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito	24,50	8,00	-	1	NÃO	SIM	SIM
No cruzamento da Rua Estrada das Ubaías com a Rua Conselheiro Nabuco	18,00	4,00	6,00	1	SIM	SIM	SIM
No cruzamento da Avenida General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá	21,00	2,35	8,00	1	NÃO	SIM	SIM
No cruzamento da Rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel.	23,00	7,00	8,00	2	NÃO	SIM	SIM
No cruzamento da Rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes.	23,50	7,50	-	1	NÃO	SIM	SIM

Como se pode constatar das imagens das mini-rotatórias estudadas o estado de conservação das mesmas é precaríssimo. Um bom exemplo disto é a mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada das Ubaías com a Rua Conselheiro Nabuco, figura 52, a ilha central quando de sua implantação tinha um diâmetro de 4,00 m hoje este diâmetro encontra-se reduzido a 2,50 m.

A mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada do Bongi com a Rua Carlos Gomes, figura 52, foi concebida com uma ilha central demarcada por tachões e pintura no pavimento, devido ao desgaste e a falta completa de manutenção, a pintura no pavimento não mais existe e os tachões estão em péssimas condições, tornando-se a mini-rotatória quase imperceptível.

Outra situação grave está na ilha da mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito, figura 50, está totalmente destruída. Praticamente não se percebe a existência da ilha central, nem a precária sinalização de canalização dos movimentos. A única ilha da mini-rotatória que se encontra em excelente condição é a do cruzamento da Rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel, conforme apresentado na figura 51.

Esta situação não só desclassifica este tipo de equipamento como pode provocar graves acidentes. O curioso é que mesmo nesta precária situação de conservação estas mini-rotatórias vêm operando normalmente, como se os usuários tivessem se habituado a princípio e continuassem a manter os seus comportamentos apesar do desgaste dos equipamentos.

Para um melhor entendimento as figuras 55 a 59 mostram a atual situação das mini-rotatórias analisadas:



Figura 55: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito.



Figura 56: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes.



Figura 57: Mini-rotatória do cruzamento da Avenida General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá.



Figura 58: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada das Ubaias com a Rua Conselheiro Nabuco.



Figura 59: Mini-rotatória do cruzamento da Rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel.

4.3 Análise do projeto de sinalização das mini-rotatórias.

A situação da sinalização das mini-rotatórias em operação na Cidade do Recife apresenta estado bastante precário, ressaltando-se:

- A sinalização horizontal e vertical que incluem dispositivos básicos como faixa de pedestres, divisores de faixa de rolamento, placas de regulamentação quase todas não existem;

- Apenas uma mini-rotatória apresenta a ilha central em bom estado de conservação e legível;
- As poucas marcas de canalização de fluxo existentes se encontram em estado precário;
- Não se guarda a distância regulamentar de proibição de estacionamento de 12 m, o que dificulta a visibilidade dos motoristas ao se aproximarem da interseção;
- Em apenas duas mini-rotatórias, no cruzamento da Rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel e no cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito, há placas de sinalização vertical informando da existência destes dispositivos na interseção;
- Nenhuma mini-rotatória dispõe de toda sinalização necessária para informar aos motoristas como agir na interseção;
- Não há faixas de pedestres nas mini-rotatórias em operação.

As figuras 60 a 64 mostram a atual situação da sinalização horizontal e vertical das mini-rotatórias:



Figura 60. Mini-rotatória do cruzamento da Rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel.

Na figura 60 percebemos a existência de estacionamento e ponto de taxi em desacordo com o que especifica o CONTRAN. A canalização também está irregular, deveria ser constituída por tachões e não por blocos de concreto.



Figura 61. Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito

Na figura 61 observa-se o estado precário da sinalização horizontal e a inexistência da sinalização vertical, fato este que não impede o funcionamento deste equipamento.



Figura 62: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes.

Na figura 62 observa-se sinalização horizontal em péssimo estado de conservação. Nesta interseção não há nenhuma placa de sinalização vertical.



Figura 63: Mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada das Ubaias com a Rua Conselheiro Nabuco.

Na figura 63 torna-se difícil perceber a existência da mini-rotatória, fato este que pode ocasionar acidentes.



Figura 64: Mini-rotatória no cruzamento da Avenida General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá.

Na figura 64 percebem-se alguns dispositivos de sinalização ainda visíveis, mas que não foge a realidade dos demais equipamentos em operação.

4.4. Contagem volumétrica classificatória.

Foi realizada a contagem volumétrica, classificatória e direcional manualmente por três pesquisadores. A pesquisa aconteceu no período do Pico da Manhã das 06:15h às 08:15h, afim de estimar o Volume Mínimo Diário – VMD em cada interseção. Realizada a tabulação dos dados de tráfego, realizou-se a primeira análise da aplicação do critério de volumes veiculares mínimo para implantação de um semáforo especificado pelo DENATRAN (1984), já apresentado no quadro conceitual desta dissertação. Os volumes obtidos foram transformados em Volumes Equivalentes de Carros de Passeio (UCP), utilizando as seguintes taxas de conversão: 1 (um) Caminhão = 1,75 UCP , 1(um) Ônibus=2,25 UCP e 1(um) automóvel= 1,00 UCP.

A tabela 12 mostra os volumes de tráfego presentes nas mini-rotatórias analisadas nesta dissertação.

Tabela 12: Volumes veiculares mínimos nas mini-rotatórias estudadas

CRITÉRIO DOS VOLUMES VEICULARES MÍNIMOS - DENATRAN 1984						
MINI-ROTATÓRIA	VEICULOS POR HORA NA VIA PREFERENCIAL COM 01 FAIXA DE APROXIMAÇÃO.			VEICULOS POR HORA NA VIA SECUNDARIA COM 01 FAIXA DE APROXIMAÇÃO.		
	VOLUMES PRESENTE (UCP)	PADRÃO DENATRAN (UCP)	% ACIMA DO PADRÃO	VOLUMES PRESENTE (UCP)	PADRÃO DENATRAN (UCP)	% ACIMA DO PADRÃO
No cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito	752,50	500	50,50	507,50	150	238,33
No cruzamento da Rua Estrada das Ubaias com a Rua Conselheiro Nabuco	645,50	500	29,10	254,50	150	69,67
No cruzamento da Avenida General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá	575,00	500	15,00	463,50	150	209,00
No cruzamento da Rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes.	1184,00	500	136,80	216,50	150	44,33
No cruzamento da Rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel.*	638,00	600	6,33	244,50	200	22,25

* Interseção com duas ou mais faixas de tráfego por aproximação

Confrontando os dados da tabela 12 com os valores de volumes veiculares mínimos que justificariam, segundo as regras do manual do DENATRAN, a instalação de um semáforo se pode observar que os volumes das cinco mini-rotatórias ficam bem acima dos valores que o DENATRAN recomenda. Observando o comportamento delas em campo na hora de pico podemos constatar que nenhuma delas apresentam problemas de retenção de tráfego, garantindo uma boa fluidez do tráfego, com as filas nos ramos de entrada se dissipando rapidamente. Isto pode ser constatado na mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada do Bongü com a Rua Carlos Gomes que apresenta a maior diferença de volume de tráfego em relação às especificações do DENATRAN.

Como o Manual do DENATRAN é de 1984, apresenta certo grau de desatualização frente a novas literaturas técnicas resolveu-se confrontar os dados de volumes das cinco mini-rotatórias analisadas com as informações contidas no documento “Mini-rotatórias-Recomendações para Implantação e Projeto” publicado pelo Ministério da Economia e Bem Estar, Tecnologia e Transporte da Renânia do Norte Westefália da Alemanha (1999). Este documento especifica valores de volume médio diário de tráfego de até 17.000,00 UCP e em condições especiais um VMD aproximado de 20.000,00 UCP, como capazes de serem absorvidos por uma mini-rotatória. Ressalte-se que um manual que trata desta questão editado pelo FHWA (2010) propõe a faixa de VMD de 500 UCP a 15.000 UCP.

Mesmo adotando os valores do manual alemão podemos constatar na tabela 13 que os valores observados nas mini-rotatórias do Recife são bem maiores.

Tabela 13: Resumo do VMD nas mini-rotatórias estudadas.

MINI-ROTATÓRIA	VOLUME MÉDIO DIÁRIO (VMD) EM UCP	VOLUME MÉDIO DIÁRIO PADRÃO ALEMÃO (UCP)	% ACIMA DO PADRÃO ALEMÃO
No cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito	25.185,00	17.000,00	48,15
No cruzamento da Rua Estrada das Ubaias com a Rua Conselheiro Nabuco.	17.997,50	17.000,00	5,87
No cruzamento da Avenida General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá	20.772,50	17.000,00	22,19
No cruzamento da Rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes.	28.002,50	17.000,00	64,72
No cruzamento da Rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel.	19.950,00	17.000,00	17,35

Na tabela 13 podemos verificar que a situação mais extrema é a da mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes apresenta um volume médio diário de tráfego 64,72% acima do padrão alemão. Analisando a sua fluidez em campo não constatamos formação de grandes filas.

A mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito apresenta o segundo maior volume com 48,15% acima do padrão alemão. Localizada numa Interseção tipo T, desempenha boas condições de fluidez e as pequenas filas que se formam se dispersam rapidamente.

A mini-rotatória do cruzamento da Avenida General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá apresenta o terceiro maior volume com 22,19% acima do padrão alemão.

Conforme constado na tabela 13, todas as mini-rotatórias da cidade do Recife apresentam um VMD acima dos padrões internacionais. Estes volumes mais altos não causam retardo no fluxo dos veículos que utilizam estas interseções. As pequenas filas que se formam no fluxo

de entrada das interseções se deve muito mais ao desconhecimento/desobediência das regras de prioridade na utilização destas mini-rotatórias.

Como pode ser constatado nas imagens apresentadas, o padrão de conservação da quase totalidade das mini-rotatórias examinadas é péssimo, dando margem a um comportamento dos usuários inseguro e vacilante, o que além de ser um fator de risco de acidentes toma mais tempo nas decisões. Desta forma acredita-se que caso as mini-rotatórias tivessem um padrão de sinalização adequado e uma boa manutenção poderia tratar volumes médios diários ainda maiores.

Prosseguindo a análise passou-se a considerar outro critério especificado pelo DENATRAN para a instalação de um semáforo, que trata da possibilidade da interrupção do tráfego contínuo na interseção. A tabela 14 apresenta os dados das cinco mini-rotatórias a serem utilizados nesta análise:

Tabela 14: Critérios da Interrupção do tráfego contínuo.

CRITÉRIO DA INTERRUÇÃO DO TRÁFEGO CONTÍNUO - DENATRAN 1984						
MINI-ROTATÓRIA	VEÍCULOS POR HORA NA VIA PREFERENCIAL COM 01 FAIXA DE APROXIMAÇÃO			VEÍCULOS POR HORA NA VIA SECUNDARIA COM 01 FAIXA DE APROXIMAÇÃO		
	VOLUMES PRESENTE (UCP)	PADRÃO DENATRAN (UCP)	% ACIMA DO PADRÃO	VOLUMES PRESENTE (UCP)	PADRÃO DENATRAN (UCP)	% ACIMA DO PADRÃO
No cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito	752,50	750	0,33	507,50	75	576,67
No cruzamento da Rua Estrada das Ubaias com a Rua Conselheiro Nabuco.	645,50	750	-	254,50	75	239,33
No cruzamento da Avenida General Polidoro com a Rua Professor Artur de Sá	575,00	750	-	463,50	75	518,00
No cruzamento da Rua Estrada do Bongí com a Rua Carlos Gomes.	1184,00	750	57,87	216,50	75	188,67
No cruzamento da Rua General Joaquim Inácio com a Rua Estado de Israel.*	638,00	900	-	244,50	100	144,50

* Interseção com duas ou mais faixas de tráfego por aproximação

Analisando os critérios propostos na tabela 14, nota-se a presença de situação semelhante à abordada na Tabela 13 sobre o Critério dos Volumes Veiculares Mínimos. Observa-se, portanto, que o VMD nas vias principais já começa ultrapassar o limite proposto que justificaria a implantação de um semáforo. Fato pertinente pode ser observado no VMD da via secundária, que também ultrapassa significativamente os padrões.

Isto está claramente exposto na mini-rotatória do cruzamento da Rua Estrada de Belém com a Avenida Luis Correia de Brito que apresenta o maior volume com 576,67% acima do que especifica o DENATRAN. Nota-se que estas mini-rotatórias atendem a uma demanda de tráfego muito acima das especificações brasileiras que justificam a implantação semafórica, sem maiores problemas tanto de volume como de fluidez do tráfego. Devemos quebrar o paradigma de que só o semáforo resolve problemas de conflitos de tráfego em interseções e utilizar com maior frequência este tipo de equipamento.

Podemos concluir desta análise que as especificações do manual do DENATRAN para a implantação de semáforo pode ser nesses casos atendidas pela implantação de mini-rotatórias. Outro fato interessante é que os manuais internacionais não refletem nossa realidade, indicando a necessidade de realização de pesquisas mais aprofundadas que possam fixar estes valores.

4.5 Os acidentes de trânsito em mini-rotatórias.

Os semáforos são máquinas programadas que exercem controle na prioridade de utilização da interseção. Nota-se que ele fornece uma passagem segura numa pequena proporção de tempo. Sendo assim, as velocidades nesses locais são significativamente maiores que em interseções com mini-rotatórias. Essa elevada velocidade aumenta a severidade dos acidentes tanto em colisões veículo x veículo como em veículo x pedestres.

Na análise dos sinistros existente nas mini-rotatórias em operação na Cidade do Recife, foi solicitado à CTTU, um levantamento dos índices de acidentes existentes nas 5 mini-rotatórias estudadas nesta dissertação. Os dados foram levantados pela Gerencia Operacional de Estatísticas (GOES), vinculada a Diretoria de Projetos (DPr) no período de 2003 à 2009. A

tabela 15 mostra a quantidade de acidentes ocorridos nas mini-rotatórias em funcionamento na Cidade do Recife:

Tabela 15: Estatísticas de acidentes de trânsito em mini-rotatórias na cidade do Recife no período de 2003 a 2009.

ANO	QUANTIDADE DE ACIDENTES SEM VÍTIMAS	QUANTIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS NÃO FATAIS
2003	2	0
2004	4	1
2005	4	0
2006	3	0
2007	9	0
2008	0	0
2009	0	0
Total	23	

Fonte: GOES/CTTU

Os dados levantados mostram que em 7 anos ocorreram apenas 23 acidentes nos cruzamentos com mini-rotatórias. Desse total apenas 1 acidente com vítima e em todo o período não há registros de mortos. Nos últimos dois anos (2008 e 2009) não houve registros oficiais de acidentes nas mini-rotatórias em operação na Cidade do Recife. O que comprova que as mini-rotatórias são extremamente eficientes na redução de acidentes, especialmente os acidentes com vítimas fatais.

Dentre as mini-rotatórias a que mais apresentou sinistros foi a do cruzamento da Rua Estrada do Bongü com a Rua Carlos Gomes, com 60,87% dos acidentes registrados nas cinco mini-rotatórias analisadas, uma das possíveis razões para isto é seu alto fluxo de veículos em comparação com as demais. Outro motivo pode ser o seu péssimo estado de manutenção, por exemplo, em todas as aproximações desta mini-rotatória não existe sinal de advertência da existência da mesma. Sua ilha não é elevada, sendo feita com tachões, os quais se encontram em estado precário.

A tabela 16 mostra os registros de acidentes de trânsito ocorridos em cruzamentos na cidade de Recife no período de 2003 a 2010. Percebe-se um crescente aumento no registro de feridos e mortos durante todo o período avaliado. Esta constatação nos leva a refletir sobre a importância de tratarmos melhor nossos cruzamentos, buscando reduzir os acidentes e suas consequências sociais.

Tabela 16: Acidentes de trânsito em cruzamentos no Recife.

ACIDENTES DE TRÂNSITO EM CRUZAMENTOS NO RECIFE - 2003 À MAIO DE 2010.					
ANO	CLASSIFICAÇÃO		Nº VÍTIMA		TOTAL
	SEM VÍTIMAS	COM VÍTIMAS	MORTOS	FERIDOS	
2003	9901	1838	57	2317	11739
2004	8030	1846	65	2385	9776
2005	8009	1878	86	2465	9887
2006	7930	2014	53	2584	9945
2007	9288	2102	64	2671	11390
2008*	-	2249	65	2842	2249
2009*	-	2270	62	2914	2270
2010**	-	1002	34	1239	1002
TOTAL	-	15199	486	19417	58258

* Dados de acidentes sem vítimas não disponibilizados pela CTTU; **Dados parciais.

Fonte: GOES/ CTTU

4.6 Os custos de utilização do Semáforo x Mini-rotatória

A utilização de semáforos no Recife, como também em todo o Brasil, é a principal forma de tratar interseções com problemas de conflitos de tráfego e elevados fluxos. Para se ter noção dessa realidade a CTTU/Recife recebe uma média mensal de 10 solicitações para a implantação de novos semáforos. Enquanto que não há registros solicitando a implantação de mini-rotatórias, ficando este tipo de equipamento num total esquecimento.

Uma realidade diferente acontece na cidade de São Paulo, uma das primeiras cidades brasileiras a utilizar mini-rotatórias, atualmente dispõe de 700 mini-rotatórias em funcionamento no sistema viário. A CET- São Paulo instala uma média anual em torno de 30 a 40 mini-rotatórias no sistema viário.

O custo de um semáforo varia significativamente, dependendo de algumas variáveis como: o local a ser implantado, a largura da via, a quantidade de faixas de circulação, a quantidade de sentidos de circulação, os tipos de equipamentos utilizados etc. Conforme informações da CTTU/Recife os custos de implantação de um semáforo são seguintes:

- Considerando um semáforo mais simples, ocasional de pedestre numa via de sentido único com duas faixas de circulação e funcionamento isolado, tem um custo aproximado de R\$ 16.000,00.
- Para um semáforo de capacidade média, veicular colocado num cruzamento com via de sentido duplo, uma faixa para cada sentido da via e funcionando isolado tem um custo aproximado de R\$ 28.000,00.
- E, para um semáforo colocado em local um pouco mais complicado, que necessite de uma melhor adequação qual seja: incorporado a uma rede coordenada; situado num cruzamento que exija mais de duas fases para que possa funcionar corretamente; que possua mais de três estágios podemos considerar um custo aproximado de R\$ 35.000,00.

A cidade do Recife hoje dispõe de 631 pontos de semáforos com um custo de manutenção mensal da ordem de R\$ 220.000,00, que inclui vistorias diárias e manutenções de acordo com as necessidades identificadas no momento da vistoria. O tempo de vida útil de um semáforo depende do local em que o mesmo esteja em funcionamento. Um semáforo situado próximo a uma área de praia tem um desgaste muito maior do que os que estão distantes da praia e assim sucessivamente.

Os custos de implantação e manutenção de uma mini-rotatória são bem inferiores se comparados aos custos dos semáforos. Portanto a implantação de uma mini-rotatória custa aproximadamente R\$ 7.000,00, padrão CET-SP, no caso de se utilizar na demarcação da mesma pintura no pavimento e tachões, sinalização horizontal e vertical. Estas são as chamadas mini-rotatórias sem uma ilha elevada, ou seja, ilha não materializada. Nos casos em que há a necessidade de implantação de uma ilha elevada os custos adicionais se devem a construção da ilha, chegando a aproximadamente R\$ 12.000,00.

A manutenção de uma mini-rotatória é bem mais econômica do que uma interseção semaforizada, pois se restringe a pintura das marcas viárias e reposição de algumas placas e/ou outros dispositivos auxiliares de sinalização. Devendo ser mais explorada e estudada a sua aplicabilidade na realidade da cidade do Recife.

4.7 A visão de alguns engenheiros de tráfego sobre a utilização de mini-rotatórias

Estudos sobre a utilização de mini-rotatórias na engenharia de tráfego brasileira são escassos, como também os gestores públicos que se dispõem a utilizar este tipo de equipamento. Temos assim uma realidade onde dispomos de poucas informações técnicas confiáveis. Numa pesquisa rápida na internet podemos constatar que em todo o Brasil, observa-se apenas um trabalho sobre este tema realizado pela CET- São Paulo. Não significando que outros Estados brasileiros não as utilizem.

Sobre este tópico foram elaborados 2 questionamentos sobre a utilização de mini-rotatórias na circulação urbana e enviados, por email, a uma lista de 40 profissionais da área de engenharia de tráfego obtida do banco de dados da ANPET.

O primeiro questionamento abordou qual a importância da utilização de mini-rotatória na engenharia de tráfego.

As respostas mostraram este tipo de equipamento como um excelente dispositivo que permite uma maior segurança viária, pois organiza os conflitos e reduz as velocidades de aproximação. Apresenta um baixo custo de implantação e manutenção. É um dispositivo que polui menos em relação às interseções semaforizadas e/ou as interseções sinalizadas com placas de “PARE” ou “DÊ A PREFERÊNCIA”. Tudo isto desde que seja bem projetada, bem executada e adequada às condições de tráfego das vias nas quais ela será inserida.

O segundo questionamento abordou o porquê da baixa utilização deste tipo de equipamento nas cidades brasileiras e quais seriam os maiores entraves a serem superados para termos uma maior utilização de mini-rotatórias na engenharia de tráfego. As respostas foram as seguintes:

- As interferências políticas e leigas na área de tráfego, suplantando as questões técnicas;
- O desrespeito dos motoristas às regras de trânsito e a complacência das autoridades com relação a esse comportamento;
- A falta de interesse dos gestores públicos em utilizar este dispositivo;
- O paradigma de que o semáforo é a solução mais adequada para as interseções com problemas de conflitos de tráfego e acidentes;
- A falta de conhecimento de parcela dos técnicos, incluindo não buscar dados sobre a utilização em outras cidades e no exterior, não pesquisar adequadamente os prós e contras;
- A mentalidade conservadora que não acredita que mudanças são possíveis;
- A falta de informação para a população;
- Esquemas de implantação de medidas que não unem informação, engenharia, fiscalização e orientação;
- A falta de monitoramento de medidas implantadas;
- A falta de punição aos que infringirem o sistema de operação de mini-rotatórias e tantos outros.

Vale ressaltar que a sinalização semaforica é muito importante, mas que devemos utilizá-la em situações mais complexas. Embora na visão de alguns técnicos da CTTU/Recife, responsáveis pela gestão do tráfego, há um questionamento de que as nossas vias não comportam este tipo de equipamento. Portanto não é o que se observou neste trabalho. Nossas poucas mini-rotatórias precisam ser revistas e adequadas para proporcionar maiores condições de segurança aos pedestres, ciclistas e também aos condutores. O estado de desprezo em que se encontram, constitui sérios riscos de vida aos que utilizam esses equipamentos.

5. CONSIDERAÇÕES

Os desafios na elaboração e levantamento de informações desta dissertação foram imensos, cansativos e por vezes teve-se a sensação de ser praticamente impossível. É notável a escassez de trabalhos sobre a utilização de mini-rotatórias no Brasil e, principalmente, na cidade do Recife. Também, é inegável que este equipamento constitui uma solução relevante na gestão do tráfego urbano, comprovada pela sua ampla difusão, em diversos países.

Os projetos de interseção requerem atenção devido a sua importância, pois se mal elaborados podem interferir na segurança, na capacidade de tráfego e na velocidade de operação da via. É necessário que os atuais gestores de tráfego enfrentem essa problemática com mais determinação. Estes gestores devem desenvolver e aprimorar soluções simples, econômicas e de fácil implantação para os projetos de interseções em áreas urbanas.

Primeiramente este trabalho buscou levantar a existência, as características e a atual situação das poucas mini-rotatórias existentes na cidade do Recife. Como pode ser constatado na pesquisa de campo, o padrão de conservação da quase totalidade das mini-rotatórias examinadas é péssimo, o que além de ser um fator de risco de acidentes toma mais tempo nas decisões.

Em seguida analisaram-se os projetos de sinalização das mini-rotatórias, na prática não observa-se a existência de sinalização horizontal e vertical. Fato este que coloca em descrédito as regras de utilização deste tipo de equipamento.

Quanto à contagem volumétrica a que estão submetidas às mini-rotatórias, nota-se que o Volume Médio Diário (VMD) está acima dos padrões internacionais, esta situação não causa retardo no fluxo dos veículos que utilizam estas interseções. As pequenas filas que se formam no fluxo de entrada das interseções se deve muito mais ao desconhecimento/desobediência das regras de prioridade na utilização destes equipamentos.

Outro fato interessante é que os manuais internacionais nem sempre refletem a nossa realidade, indicando a necessidade de realização de pesquisas mais aprofundadas que possam fixar estes valores. Conforme os critérios de volumes veiculares mínimos do manual de

semáforos do DENATRAN, que justificam a implantação de semáforos, podemos concluir que as especificações deste manual para a implantação de semáforo podem ser, nestes casos, atendidas pela implantação de mini-rotatórias. Constituindo uma possível quebra do paradigma de que apenas o semáforo é a solução mais adequada para as interseções com elevados volumes.

Na abordagem sobre os acidentes em cruzamentos com mini-rotatórias tem-se uma constatação da quase inexistência dos mesmos conforme os registros oficiais de acidentes da CTTU/Recife. Os dados levantados mostram que em 7 anos ocorreram apenas 23 acidentes nos cruzamentos com mini-rotatórias. Desse total apenas 1 acidente com vítima e em todo o período não há registros de mortos. Nos últimos dois anos (2008 e 2009) não houve registros oficiais de acidentes nas mini-rotatórias em operação na Cidade do Recife. O que comprova que as mini-rotatórias são extremamente eficientes na redução de acidentes, especialmente os acidentes com vítimas fatais.

O item custo abordou uma comparação entre a implantação de semáforos e a implantação de mini-rotatórias. Os custos de implantação e manutenção das mini-rotatórias são inferiores aos custos de implantação de semáforos. A implantação de um semáforo varia de R\$ 16.000,00 a R\$ 35.000,00 conforme o tipo de cruzamento. Enquanto que a instalação de uma mini-rotatória varia de R\$ 7.000,00 a R\$ 12.000,00 devido à presença ou não de uma ilha central elevada em asfalto ou outro material.

Por fim, foi feita uma consulta com alguns engenheiros de tráfego a cerca da utilização de mini-rotatórias. As respostas mostraram este tipo de equipamento como um excelente dispositivo que permite uma maior segurança viária, pois organiza os conflitos e reduz as velocidades de aproximação. É um dispositivo que polui menos em relação às interseções semaforizadas e/ou as interseções sinalizadas com placas de “PARE” ou “DÊ A PREFERÊNCIA”. Tudo isto desde que seja bem projetada, bem executada e adequada às condições de tráfego das vias nas quais ela será inserida. Também nota-se um desconhecimento dos técnicos a respeito das vantagens da implantação de mini-rotatórias em interseções nas quais o semáforo não seria a melhor solução, as interferências políticas e leigas na área de tráfego suplantando as questões técnicas. E por fim, a falta de divulgação de experiências, a falta de interesse dos gestores públicos em utilizar este tipo de equipamento.

Como recomendações para trabalhos futuros pode-se indicar:

- A utilização de softwares como o Arcady, Sidra Intersection ou outro software a fim de se obter com maior precisão os atrasos e comprimento das filas nas interseções com mini-rotatórias;
- A implantação de mini-rotatórias em interseções com problemas de acidentes e conflitos de tráfego e fazer uma análise da situação antes e após a instalação da mesma;
- Pesquisas mais aprofundada que possam fixar o Volume Médio Diário, a fim de termos um padrão próprio como limite até onde se possa implantá-las;
- Fazer uma normativa técnica com experiências brasileiras para que seja utilizada como referência por nossos gestores de tráfego.

Na visão de alguns técnicos da CTTU/Recife, existe um questionamento de que as nossas vias não comportam este tipo de equipamento. Isto não foi o que se percebeu neste trabalho. Mesmo estando numa total situação de descaso e abandono, as mini-rotatórias desempenham um papel importante na redução de acidentes, conflitos de tráfego e dá uma maior fluidez no trânsito. Caso as mini-rotatórias tivessem um padrão de sinalização adequado e uma boa manutenção poderiam suportar volumes médios diários maiores.

É triste e lastimável a realidade em que vivemos, onde muitos engenheiros e gestores de tráfego não dão o mínimo valor para um dispositivo tão importante, uma idéia muito brilhante e de baixo custo. O mundo inteiro já utiliza os benefícios de um dispositivo tão simples como as mini-rotatórias. Vamos lá “DÊ PREFERÊNCIA A SEGURANÇA”, ou melhor, “ DÊ PREFERÊNCIA AS MINI-ROTATÓRIAS”.

Por fim encontra-se no anexo um guia com instruções, justificativas de implantação, parâmetros técnicos de geometria, sinalização horizontal e vertical que poderão ajudar aqueles que querem tomar decisões dentro do que relata a literatura vigente sobre o projeto de mini-rotatórias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, **A Policy on Geometric Design of Highway and Streets**, Washington, 2004.

ANTP, (2007) Associação Nacional de Transportes Públicos. O Transporte na Cidade do Século 21. Disponível em: <http://hist.antp.org.br/telas/transporte/transporte.htm>. Acesso em: 17/12/2007.

ANTUNES, Virginia Colaneri dos Reis, PIWOWARCZYK, Ivone. **Mini-rotatória**. Nota Técnica, n° 78. CET, São Paulo, 1982.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Transporte Humano, cidades com qualidade de vida**. ANTP, São Paulo, 1997.

BAERWALD, J. E. **Transportation and Traffic Engineering Handbook**. The Institute of Traffic Engineers, 1976.

BANCO MUNDIAL. **World Bank urban transport policy paper**. Outubro, 2000. (documento preliminar)

BARBUTO, Luciana Soriano. **Desrespeito aos Semáforos**. Nota Técnica, n° 164. CET, São Paulo, 1994.

BARNABÉ, Antônio Sérgio. **Minirrotatória: Um projeto Simples e Eficiente para Redução de Acidentes**, CET, São Paulo, 2003.

BASTOS SILVA, A.M.C., et al. **O Dimensionamento e Projecto de Rotundas- O Estado da Arte**, Edição FCTUC, Coimbra-Portugal, 1998.

BASTOS SILVA, A.M.C., ET AL. **O Dimensionamento e Projecto de Rotundas- Recomendações de Projecto**, FCTUC, Coimbra-Portugal, 1999.

BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 23, p. 85-100, mar. 200.

BODÉ, Christian, and Faber Maunsell. "Mini-Roundabouts: Enabling Good Practice." Proceedings, European Transport Conference, Strasbourg, France, September 18-20, 2006. www.etcproceedings.org/paper/download/1786.

BRASIL. Departamento nacional de Trânsito. Manual de Semáforos. 2° Ed., Brasília, DENATRAN, 1984. 172 p., II (Col. Derviços de engenharia,)

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projetos de interseções**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2005. 532p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana: PlanMob – Construindo a cidade sustentável.** Brasília, 2006. 1 CD-ROM.

CET- Manual de Sinalização Semafórica, Critérios de implantação. 2003

CIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO - CET. **Engenharia de tráfego na redução de acidentes de trânsito, 17 curso interno de segurança de trânsito.** CET, São Paulo, 1994.

COELHO, Juliana Carla; FREITAS, Juliana Araújo; MOREIRA, Maria Elisabeth Pinheiro. **Implantação semafórica são medidas eficazes para a redução de acidentes de trânsito? O caso de Fortaleza – CE.** Artigo. 2008. Disponível em:
<http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/semaforos_x_acidentes.pdf.> Acesso em 10 jul. 2009.

DENATRAN / CONTRAN – Departamento Nacional de Trânsito / Conselho Nacional de Trânsito / Ministério da Justiça. Serviços de Engenharia: **Manual de Semáforos.** Brasília/DF. 1979.

DEPARTMENT OF TRANSPORT (United Kingdom). **Geometric Design of Roundabouts.** TD 16/93. Setembro, 1993.

DENATRAN - **Anuário Estatístico de Acidentes de Trânsito (1999 a 2006).** Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN). Obtido em: <http://www2.cidades.gov.br/renaest/>.

DENATRAN. **Manual de projeto de interseções em nível não semaforizadas em áreas urbanas.** Coleção Serviços de Engenharia. 2ª edição. Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN; Brasília, 1991.

_____. **Segurança de trânsito, coletânea.** CET, São Paulo, 1981.

DETRAN/PE (2010). **Evolução da Frota de Veículos- PE, RECIFE – 1990 a 2010,** Recife. Disponível em
http://www.detran.pe.gov.br/images/stories/estatisticas/HP/1.5_frota_recife.pdf. Acessado em Abril de 2010.

DNIT/IPR. **Manual de Estudos de Tráfego.** Publicação 723 IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 384 p. Rio de Janeiro/RJ. 2006.

DNIT. **Manual de projeto de interseções.** Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT . Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005

FERRARI, C.. **Curso de planejamento municipal integrado.** Livraria Pioneira Editora, 1977.

FLORIDA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Florida Roundabout Guide.** Março 1996.

FHWA. **Roundabouts: An Informational Guide** – U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration – Publication n° RD-00-067, Virginia, USA, June 2000.

GODOY, Alair R., THOMASELLI, Rejane Sá L. **Acidentes com Vítimas**. Nota Técnica, n° 82. CET, São Paulo, 1982.

GONÇALVES, José Ernesto Lima. **A Importância da Sinalização Uniforme**. Nota Técnica, n° 062. CET, São Paulo, 1980.

GONÇALVES, José Ernesto Lima. **O uso de semáforos no Brasil**. Nota Técnica, n° 80. CET, São Paulo, 1982.

GUEDES, Erivelton Pires. **Estudos dos conflitos de tráfego: uma proposta para aplicação no Brasil**. PET/COPPE/UFRJ. VII, 96 p. Tese(M.Sc.) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995.

IPEA. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras**: relatório executivo / Ipea, ANTP. - Brasília

Kansas Roundabout Guide, **A supplement to FHWA's Roundabouts: An Informational Guide** <http://www.ksu.edu/roundabouts/ada/photos/manhattantrafficcircle.htm>: Exhibit 1-7 (upper left, upper right).

KATO, Seiju. **A probabilidade e a Estatística na Ocorrência de Acidentes de Trânsitos**. Nota Técnica, n° 133. CET, São Paulo, 1991.

LEHFLED, Gilberto Monteiro. **Segurança Viária e dos Pedestres**. Nota Técnica, n° 020. CET, São Paulo, 1978.

LEHFELD, Gilberto Monteiro. **O Brasil e os Acidentes de Trânsito**. Nota Técnica, n° 72. CET, São Paulo, 1981.

LEITE, J.E.M. **Engenharia de Tráfego: Método de pesquisa, características de tráfego, interseções e sinais luminosos**. São Paulo, Cia de Engenharia de tráfego. CET, 1945.

MARYLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Roundabout Design Guidelines**. State of Maryland Department of Transportation, State Highway Administration, 1995.

MELO, Jorge M.H.P.; KOIZUMI, M.S. **Acidentes de trânsito no Brasil: um atlas de sua distribuição**. ABRAMET; São Paulo, 2007.

Mini-Kreisverkehrsplätze – Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung (1999).

MING, Sun Hsien. **Uma Metodologia para Substituir o Índice de Acidentes por Índice de Conflitos em Critérios para Implantação de Semáforos**. Nota Técnica, n° 209. CET, São Paulo, 2001.

MING, Sun Hsien. **Técnica de Análise de Conflitos**. Nota Técnica, n° 210. CET, São Paulo, 2001.

_____. **Fatos e Estatísticas de Acidentes de Trânsito em São Paulo**, 1997.

MONTANS, Luiz de Carvalho, BARNABÉ, Antonio Sérgio. **Mini-rotatória**. Nota Técnica, nº 70. CET, São Paulo, 1981.

NCHRP, **Modern Roundabout Practice in the United States: A Synthesis of Highway Practice**, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., (1998).

OLIVEIRA, Ivo Lopes de. **Análise comparativa entre rotatória com Ilha central física e rotatória demarcada com sinalização horizontal**. CET; São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, Miguel Batista de. **Estudo para identificação dos conflitos de Tráfego em trecho urbano da rodovia federal Br 277 no município de medianeira – Paraná**. Monografia. Faculdade Dinâmica das Cataratas. Foz do Iguaçu (2006).

PERSAUD, Bhagwant N. et Tal. **Crash Reductions Following Installation of Roundabouts in the United States**, Ryerson Polytechnic University Toronto, Ontario University of Maine Orono, Maine, 2000.

PIETRANTONIO, Hugo, MSc.. **Pesquisa sobre análise de conflitos de tráfego em interseções**. Seção de Engenharia de Tráfego e Transporte de Passageiros, IPT, São Paulo, 1991.

_____. **Introdução à Teoria do Fluxo de Tráfego: Capítulo 2**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, 1999.

_____. **Manual de procedimento de pesquisa para análise de conflitos de tráfego em interseções**, Publicação Interna, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo.

PRATELLI, A., **Design of modern roundabouts in urban traffic systems. Visibility, perception and roundabout safety**, *Urban Transport XV*, eds. Brebbia and Dolezel, WIT Press, Ashurst Lodge, pp. 577-588, 2006.

ROBLES, D.G. **Estudo da correlação entre conflitos e acidentes usando a técnica de análise de conflitos de tráfego**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Engenharia Urbana. UFSCar, São Carlos (2007).

SZASZ, Pedro. **Custos de Sinalização**. Nota Técnica, nº 150. CET, São Paulo, 1992.

_____. **Aspecto Fluidez no Estudo de Interseção semaforizada e não semaforizada**. Nota Técnica, nº 151. CET, São Paulo, 1992.

_____. **Soluções Alternativas aos Semáforos: Aspectos Teóricos**. Nota Técnica, nº 152. CET, São Paulo, 1992.

_____. **Metodologia de Análise Benefício / Custo para Equipamentos Semafóricos**. Nota Técnica, nº 153. CET, São Paulo, 1992.

_____. **Algumas Considerações sobre Segurança em Cruzamentos com e sem semáforo.** Nota Técnica, nº 159. CET, São Paulo, 1993.

SAWERS, Cliver. **Mini-Roundabouts a Definitive Guide for the installation of small and mini-roundabouts in the UK and the Rest of The World.** Disponível em: <<http://www.mini-roundabout.com>> Acesso em 16 Nov. 2009

SILVA, Alice Rosa da. **Estudo de capacidade e desempenho de rótulas de tráfego urbanas.** Artigo. 2000.

SILVA, Paulo César Marques da. **Análise de Capacidade de Interseções em Nível .** Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Maio de 2001. Apostila.

_____. **Elementos do Sistema de Tráfego.** Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Março de 2001. Apostila.

_____. **Teoria do fluxo de tráfego.** Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Julho de 2007. Apostila.

SILVA, Alberto Henrique Lisboa. **O Trânsito em Viçosa: Uma Análise Sócio-espacial. 2008. Dissertação.** Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Departamento de Artes e Humanidades. Coordenação dos Cursos de Geografia. (Trabalho de graduação) Universidade Federal de Viçosa, 78 páginas, Viçosa, 2008.

SILVA, Ana Maria C Bastos; SECO, Álvaro J. da Mata. **Disposições Normativas. Dimensionamento de Rotundas: Documento Síntese.** Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias. Estradas de Portugal. Faculdade de Ciências e tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra. 2009.

SOUZA, Willians. **Planejamento da Rede Viária e Zoneamento em áreas de conservação, empregando um Sistema de Informações Geográficas.** 1990. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa, 1990.

STONE, J.R.; CHAE, K. & Pillalamarri, S., **The Effects of Roundabouts on Pedestrian Safety,** The Southeastern Transportation Center, Raleigh, North Carolina, (2002).

SUN, Hsien Ming. Uma Proposta para Critérios de Implantação de semáforos para Pedestres. Nota Técnica, nº 163. CET, São Paulo, 1994.

TAEKRATOK, T., **Modern Roundabouts for Oregon, Oregon Department of Transportation,** Research Unit (1998).

TD 16/93, **Geometric Design of Roundabouts** - Department of Transport – Volume 6, Section 2, Part 3 of Design Manual for Roads and Bridges- Road Geometry Junctions, U.K., September, 1993.

Transport and Road Research Laboratory - "**Guideline for the Traffic Conflict Technique**", London, Institute of Highways and Transportation, 1988, 48p.

_____. **Accidents at off-side priority roundabouts** – TRRL Leaflet LF 393, Issue 2, Croowthorne, 1975 (Transport and Road Research Laboratory).

TRB: "**Higwhay Capacity Manual**". Special Report 209, part IV capítulo 13 – Pedestrians. 3.^a Edição, 1994, Washington, D. C., 1994.

VASCONCELLOS, E. **Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas**. Editoras Unidas, São Paulo, 1996.

_____. **Transporte urbano nos países em desenvolvimentos: reflexões e propostas**. Editoras Unidas, São Paulo, 1996.

_____. **O que é Trânsito?** Editora Brasiliense, São Paulo, 1986. (Coleção Primeiros Passos)

_____. **Transporte Urbano nos países em desenvolvimento - Reflexões e Propostas**. 3^a Edição, 2000.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. **Os conflitos na Circulação Urbana: Uma Abordagem Política da Engenharia de Tráfego**. Nota Técnica, n° 83. CET, São Paulo, 1982.

VILANOVA, Luis. **Critérios para implantação de semáforo**. Artigo. 1997. Disponível em: <<http://www.sinaldetransito.com.br/artigos.criteriosparaimplantacaodesemaforos.pdf>>. Acesso em 19 de ago. 2009.

WADDELL, Edmond. Evolution of **Roundabout Technology: A History – Based Literature Review**. Transportation Planner Michigan Department of Transportation. Michigan , 2000.

ANEXOS

ANEXO A – Mini-rotatória no cruzamento da rua Estrada de Belém com a Avenida Luiz Correia de Brito



ANEXO B – Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA ESTRADA DE BELÉM COM A AVENIDA LUIS CORREIA DE BRITO					
APROXIMAÇÃO: ESTRADA DE BELÉM - OLINDA/RECIFE					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	3	20	0	23
	ÔNIBUS	1	4	0	5
	CAMINHÃO	3	0	0	3
6:30h às 6:45h	AUTO	11	35	0	46
	ÔNIBUS	3	8	0	11
	CAMINHÃO	1	3	0	4
6:45h às 7:00h	AUTO	4	65	0	69
	ÔNIBUS	0	6	0	6
	CAMINHÃO	0	3	0	3
7:00h às 7:15h	AUTO	9	45	0	54
	ÔNIBUS	0	3	0	3
	CAMINHÃO	1	3	0	4
7:15h às 7:30h	AUTO	11	59	0	70
	ÔNIBUS	0	4	0	4
	CAMINHÃO	0	7	0	7
7:30h às 7:45h	AUTO	6	63	0	69
	ÔNIBUS	0	6	0	6
	CAMINHÃO	3	4	0	7
7:45h às 8:00h	AUTO	14	50	0	64
	ÔNIBUS	0	9	0	9
	CAMINHÃO	2	9	0	11
8:00h às 8:15h	AUTO	13	56	0	69
	ÔNIBUS	0	7	0	7
	CAMINHÃO	1	1	0	2
Veículos	AUTO	71	393	0	464
	ÔNIBUS	4	47	0	51
	CAMINHÃO	11	30	0	41
TOTAL POR APROX. (UCP)		99	551	0	651
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
651					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO C – Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA ESTRADA DE BELÉM COM A AVENIDA LUIS CORREIA DE BRITO					
APROXIMAÇÃO: AVENIDA LUIS CORREIA DE BRITO					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	20	0	5	25
	ÔNIBUS	4	0	0	4
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:30h às 6:45h	AUTO	57	0	8	65
	ÔNIBUS	7	0	0	7
	CAMINHÃO	3	0	0	3
6:45h às 7:00h	AUTO	71	0	5	76
	ÔNIBUS	7	0	0	7
	CAMINHÃO	4	0	1	5
7:00h às 7:15h	AUTO	121	0	6	127
	ÔNIBUS	7	0	1	8
	CAMINHÃO	3	0	0	3
7:15h às 7:30h	AUTO	120	0	13	133
	ÔNIBUS	7	0	0	7
	CAMINHÃO	1	0	0	1
7:30h às 7:45h	AUTO	162	0	17	179
	ÔNIBUS	7	0	1	8
	CAMINHÃO	2	0	0	2
7:45h às 8:00h	AUTO	118	0	17	135
	ÔNIBUS	3	0	0	3
	CAMINHÃO	9	0	3	12
8:00h às 8:15h	AUTO	87	0	14	101
	ÔNIBUS	8	0	1	9
	CAMINHÃO	4	0	1	5
Veículos	AUTO	756	0	85	841
	ÔNIBUS	50	0	3	53
	CAMINHÃO	26	0	5	31
TOTAL POR APROX. (UCP)		914	0	101	1015
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
1015					

ANEXO D – Tabulação da contagem volumétrica

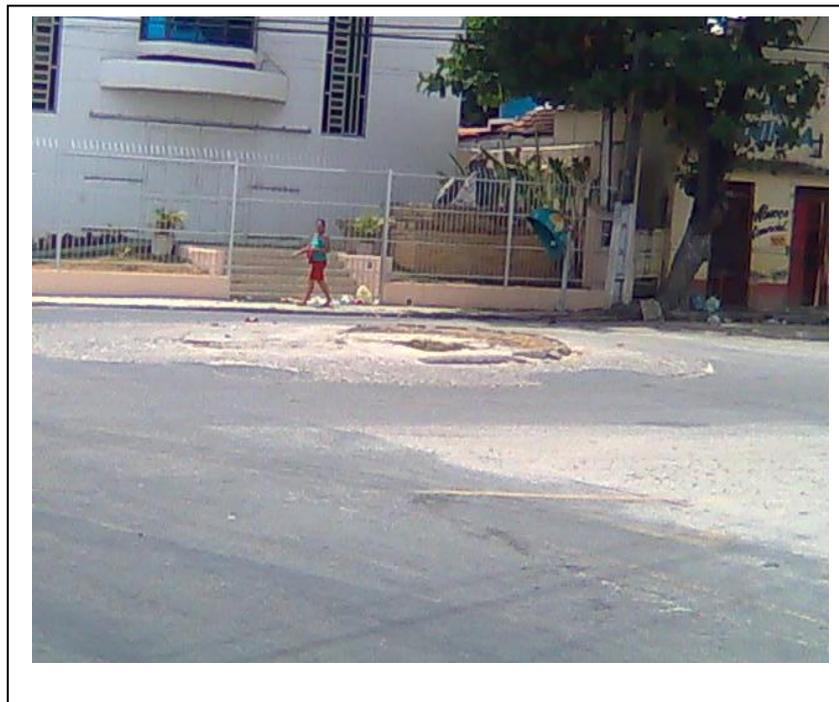
MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA ESTRADA DE BELÉM COM A AVENIDA LUIS CORREIA DE BRITO					
APROXIMAÇÃO: ESTRADA DE BELÉM - RECIFE / OLINDA					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	0	12	16	28
	ÔNIBUS	0	3	6	9
	CAMINHÃO	0	0	1	1
6:30h às 6:45h	AUTO	0	24	17	41
	ÔNIBUS	0	6	4	10
	CAMINHÃO	0	1	1	2
6:45h às 7:00h	AUTO	0	28	30	58
	ÔNIBUS	0	3	4	7
	CAMINHÃO	0	2	0	2
7:00h às 7:15h	AUTO	0	21	30	51
	ÔNIBUS	0	4	6	10
	CAMINHÃO	0	2	1	3
7:15h às 7:30h	AUTO	0	42	99	141
	ÔNIBUS	0	4	6	10
	CAMINHÃO	0	3	3	6
7:30h às 7:45h	AUTO	0	29	70	99
	ÔNIBUS	0	5	4	9
	CAMINHÃO	0	1	5	6
7:45h às 8:00h	AUTO	0	39	50	89
	ÔNIBUS	0	4	7	11
	CAMINHÃO	0	4	4	8
8:00h às 8:15h	AUTO	0	62	59	121
	ÔNIBUS	0	4	3	7
	CAMINHÃO	0	4	3	7
Veículos	AUTO	0	257	371	628
	ÔNIBUS	0	33	40	73
	CAMINHÃO	0	17	18	35
TOTAL POR APROX. (UCP)		0	361	493	854
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
854					
Volume Total de Veículos na interseção (UCP)					
2519					

ANEXO E – Estatísticas de acidentes de Trânsito.

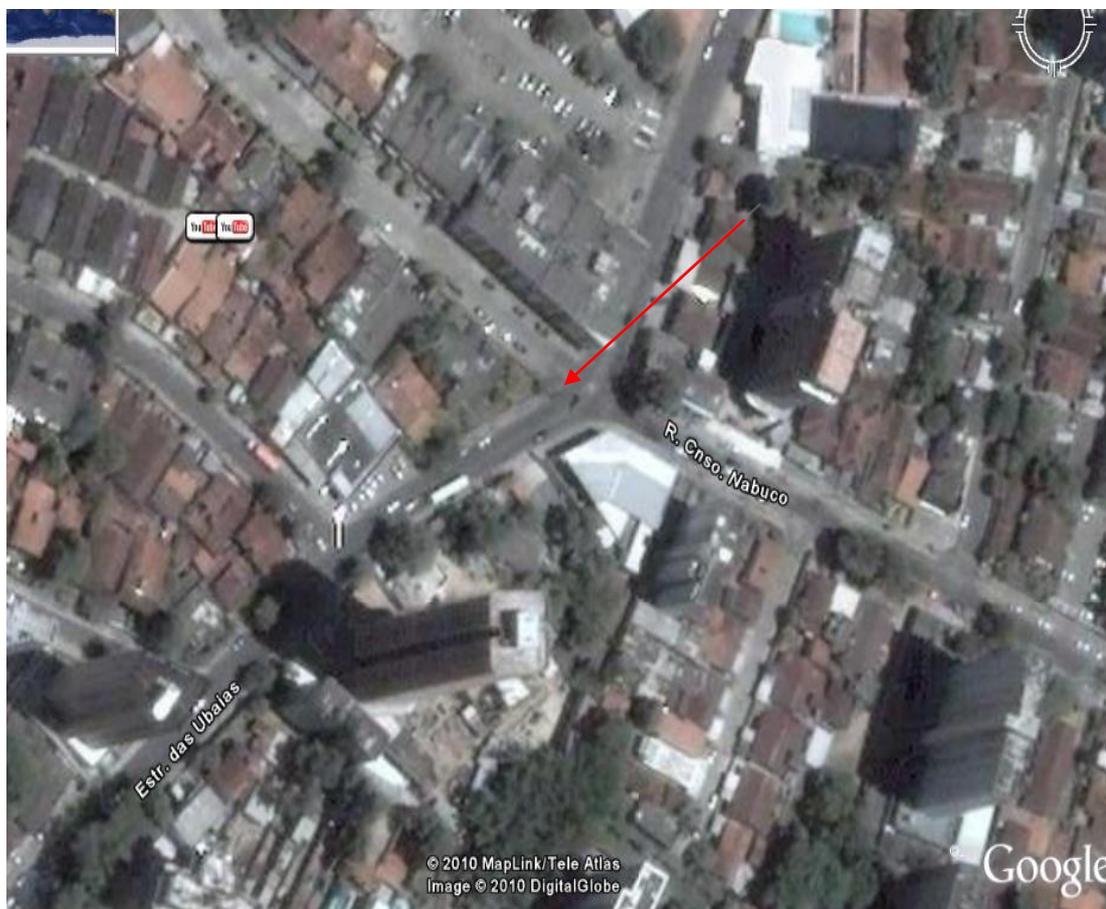
Estatísticas de Acidentes de Trânsito em Recife - Período: 2003 à 2009														
Local: Estrada de Belém cruzamento com a Av Luis Correia de Brito - Campo Grande - RPA 02														
ANO	ACIDENTE		Nº VÍTIMA		NATUREZA DO ACIDENTE									
	S/ VÍTIMA	C/ VÍTIMA	MORTOS	FERIDOS	ATROPELAMENT O		ABALROAMENT O		COLISÃO		CHOQUE		CAP./TROMB.	NÃO INF.
					PEDESTRE	ANIMAL	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	FRONTAL	TRASEIRA	O. FIXO	V.PARADO		
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Total	3	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0

Fonte:GOES/CTTU

ANEXO F – Registro Fotográfico.



ANEXO G - Mini-rotatória no cruzamento da rua Estrada das Ubaias
com a rua Conselheiro Nabuco



ANEXO H - Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA ESTRADA DAS UBAIAS COM A RUA CONSELHEIRO NABUCO					
APROXIMAÇÃO: CONSELHEIRO NABUCO- CID/SUB					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	5	3	11	19
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:30h às 6:45h	AUTO	5	4	13	22
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:45h às 7:00h	AUTO	7	12	38	57
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:00h às 7:15h	AUTO	6	17	46	69
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:15h às 7:30h	AUTO	17	9	44	70
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:30h às 7:45h	AUTO	20	12	35	67
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:45h às 8:00h	AUTO	16	7	21	44
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
8:00h às 8:15h	AUTO	11	11	28	50
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
Veículos	AUTO	87	75	236	398
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
TOTAL POR APROX. (UCP)		87	75	236	398
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
398					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO I – Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA ESTRADA DAS UBAIAS COM A RUA CONSELHEIRO NABUCO					
APROXIMAÇÃO: ESTRADA DAS UBAIAS CASA FORTE/ CASA AMARELA					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	10	4	2	16
	ÔNIBUS	2	4	0	6
	CAMINHÃO	0	1	0	1
6:30h às 6:45h	AUTO	15	21	0	36
	ÔNIBUS	1	4	0	5
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:45h às 7:00h	AUTO	44	46	1	91
	ÔNIBUS	1	5	0	6
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:00h às 7:15h	AUTO	61	67	2	130
	ÔNIBUS	2	3	0	5
	CAMINHÃO	1	0	0	1
7:15h às 7:30h	AUTO	48	45	0	93
	ÔNIBUS	0	6	0	6
	CAMINHÃO	1	1	0	2
7:30h às 7:45h	AUTO	33	58	3	94
	ÔNIBUS	3	5	0	8
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:45h às 8:00h	AUTO	35	53	3	91
	ÔNIBUS	2	9	0	11
	CAMINHÃO	0	0	0	0
8:00h às 8:15h	AUTO	38	43	4	85
	ÔNIBUS	0	2	0	2
	CAMINHÃO	0	1	0	1
Veículos	AUTO	284	337	15	636
	ÔNIBUS	11	38	0	49
	CAMINHÃO	2	3	0	5
TOTAL POR APROX. (UCP)		312	428	15	755
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
755					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO J – Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA ESTRADA DAS UBAIAS COM A RUA CONSELHEIRO NABUCO					
APROXIMAÇÃO:CONS NABUCO SUB/CID					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	5	5	1	11
	ÔNIBUS	0	0	1	1
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:30h às 6:45h	AUTO	1	2	1	4
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:45h às 7:00h	AUTO	0	2	1	3
	ÔNIBUS	0	2	1	3
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:00h às 7:15h	AUTO	2	13	1	16
	ÔNIBUS	0	1	0	1
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:15h às 7:30h	AUTO	3	19	0	22
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:30h às 7:45h	AUTO	4	11	2	17
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:45h às 8:00h	AUTO	2	9	5	16
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
8:00h às 8:15h	AUTO	3	7	1	11
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
Veículos	AUTO	20	68	12	100
	ÔNIBUS	0	3	2	5
	CAMINHÃO	0	0	0	0
TOTAL POR APROX. (UCP)		20	75	17	111
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
111					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO K – Tabulação da contagem volumétrica

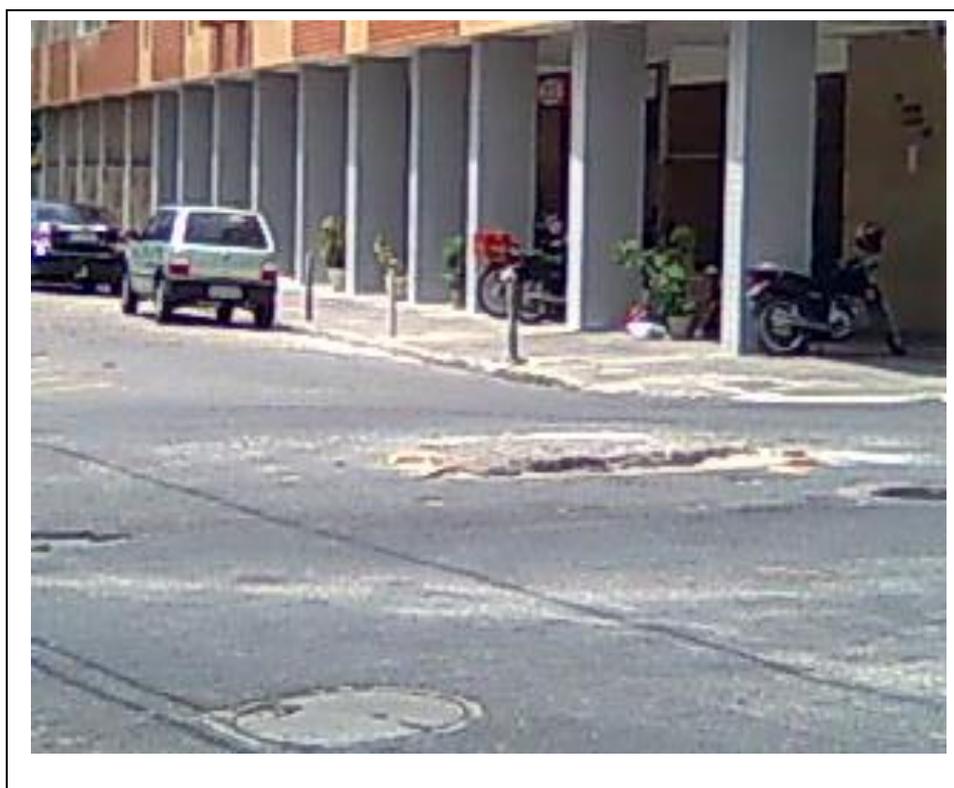
MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA ESTRADA DAS UBAIAS COM A RUA CONSELHEIRO NABUCO					
APROXIMAÇÃO:ESTRADA DAS UBAIAS CASA AMARELA/CASA FORTE					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	0	16	14	30
	ÔNIBUS	0	13	0	13
	CAMINHÃO	0	2	0	2
6:30h às 6:45h	AUTO	1	21	13	35
	ÔNIBUS	0	12	1	13
	CAMINHÃO	1	0	0	1
6:45h às 7:00h	AUTO	0	34	13	47
	ÔNIBUS	0	16	0	16
	CAMINHÃO	0	3	0	3
7:00h às 7:15h	AUTO	1	35	6	42
	ÔNIBUS	0	7	0	7
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:15h às 7:30h	AUTO	2	29	5	36
	ÔNIBUS	0	8	2	10
	CAMINHÃO	0	1	0	1
7:30h às 7:45h	AUTO	2	37	10	49
	ÔNIBUS	0	11	0	11
	CAMINHÃO	0	1	0	1
7:45h às 8:00h	AUTO	2	23	2	27
	ÔNIBUS	0	5	0	5
	CAMINHÃO	0	0	0	0
8:00h às 8:15h	AUTO	6	38	9	53
	ÔNIBUS	0	13	2	15
	CAMINHÃO	0	0	0	0
Veículos	AUTO	14	233	72	319
	ÔNIBUS	0	85	5	90
	CAMINHÃO	1	7	0	8
TOTAL POR APROX. (UCP)		16	437	83	536
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
536					
Volume Total de Veículos na interseção em UCP					
1800					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO L – Estatísticas de acidentes de trânsito

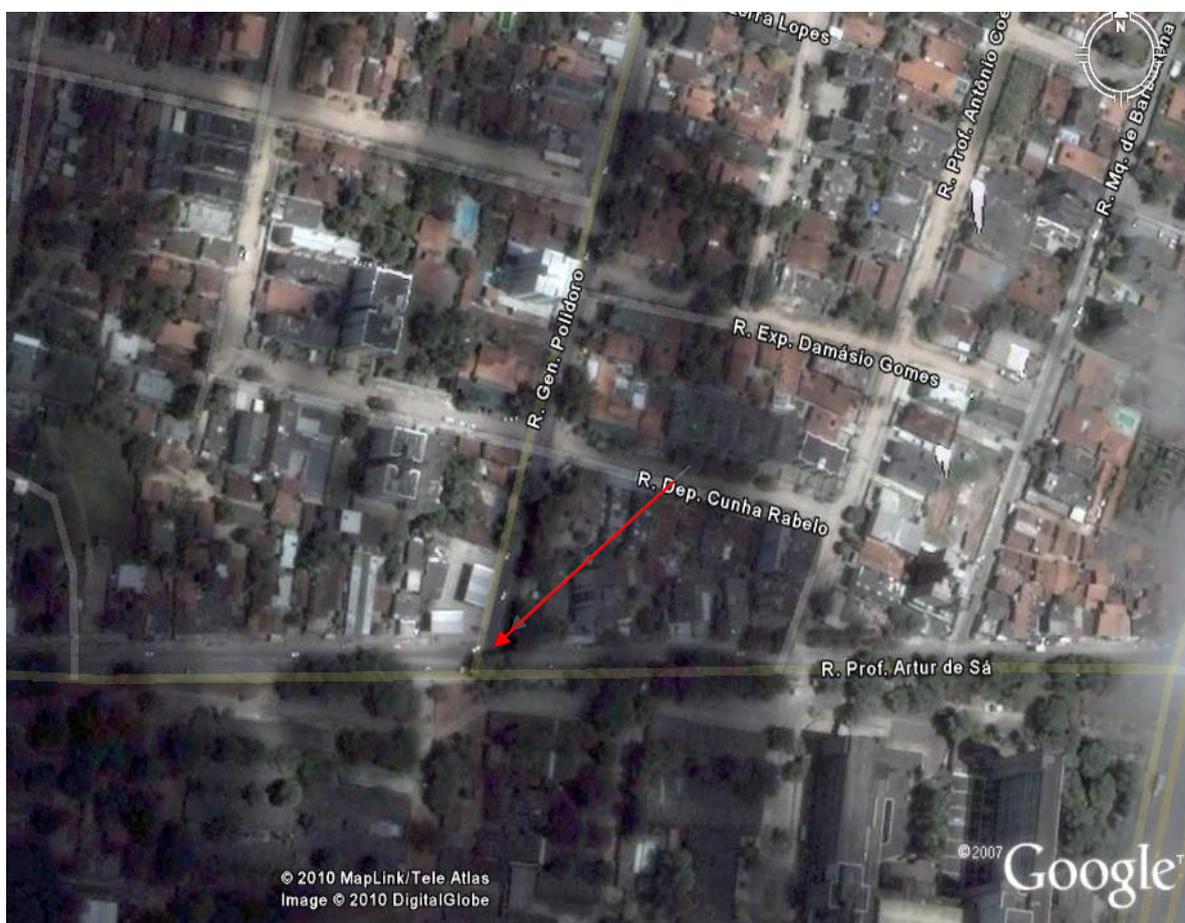
Estatísticas de Acidentes de Trânsito em Recife - Período: 2003 à 2009														
Local: Estrada das Ubaias cruzamento com a Rua Joaquim Nabuco - Casa Forte - RPA 03														
ANO	ACIDENTE		Nº VÍTIMA		NATUREZA DO ACIDENTE									
	S/ VÍTIMA	C/ VÍTIMA	MORTOS	FERIDOS	ATROPELAMENTO		ABALROAMENTO		COLISÃO		CHOQUE		CAP./TROMB.	NÃO INF.
					PEDESTRE	ANIMAL	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	FRONTAL	TRASEIRA	O. FIXO	V.PARADO		
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte:GOES/CTTU

ANEXO M – Registro fotográfico



ANEXO N - Mini-rotatória no cruzamento da Avenida General Polidoro com a rua Professor Artur de Sá



ANEXO O - Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA AVENIDA GENERAL POLIDORO COM A RUA PROFESSOR ARTUR DE SÁ					
APROXIMAÇÃO: GENERAL POLIDORO					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	15	0	19	34
	ÔNIBUS	4	0	3	7
	CAMINHÃO	1	0	0	1
6:30h às 6:45h	AUTO	16	0	40	56
	ÔNIBUS	6	0	3	9
	CAMINHÃO	0	0	3	3
6:45h às 7:00h	AUTO	22	0	51	73
	ÔNIBUS	6	0	5	11
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:00h às 7:15h	AUTO	29	0	84	113
	ÔNIBUS	12	0	5	17
	CAMINHÃO	0	0	1	1
7:15h às 7:30h	AUTO	22	0	74	96
	ÔNIBUS	8	0	3	11
	CAMINHÃO	1	0	0	1
7:30h às 7:45h	AUTO	37	0	75	112
	ÔNIBUS	6	0	5	11
	CAMINHÃO	1	0	1	2
7:45h às 8:00h	AUTO	50	0	88	138
	ÔNIBUS	6	0	2	8
	CAMINHÃO	3	0	1	4
8:00h às 8:15h	AUTO	40	0	60	100
	ÔNIBUS	3	0	1	4
	CAMINHÃO	3	0	2	5
Veículos	AUTO	231	0	491	722
	ÔNIBUS	51	0	27	78
	CAMINHÃO	9	0	8	17
TOTAL POR APROX. (UCP)		362	0	566	927
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
927					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO P – Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA AVENIDA GENERAL POLIDORO COM A RUA PROFESSOR ARTUR DE SÁ					
APROXIMAÇÃO: RUA PROFESSOR ARTUR DE SÁ - SUB/CID					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	0	23	8	31
	ÔNIBUS	0	5	14	19
	CAMINHÃO	0	2	0	2
6:30h às 6:45h	AUTO	0	33	15	48
	ÔNIBUS	0	6	15	21
	CAMINHÃO	0	2	0	2
6:45h às 7:00h	AUTO	0	48	25	73
	ÔNIBUS	0	7	9	16
	CAMINHÃO	0	1	0	1
7:00h às 7:15h	AUTO	0	61	36	97
	ÔNIBUS	0	6	11	17
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:15h às 7:30h	AUTO	0	50	34	84
	ÔNIBUS	0	2	12	14
	CAMINHÃO	0	1	1	2
7:30h às 7:45h	AUTO	0	54	26	80
	ÔNIBUS	0	2	12	14
	CAMINHÃO	0	1	3	4
7:45h às 8:00h	AUTO	0	55	28	83
	ÔNIBUS	0	1	9	10
	CAMINHÃO	0	2	0	2
8:00h às 8:15h	AUTO	0	35	18	53
	ÔNIBUS	0	1	7	8
	CAMINHÃO	0	1	0	1
Veículos	AUTO	0	359	190	549
	ÔNIBUS	0	30	89	119
	CAMINHÃO	0	10	4	14
TOTAL POR APROX. (UCP)		0	444	397	841
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
841					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO Q - Tabulação da contagem volumétrica

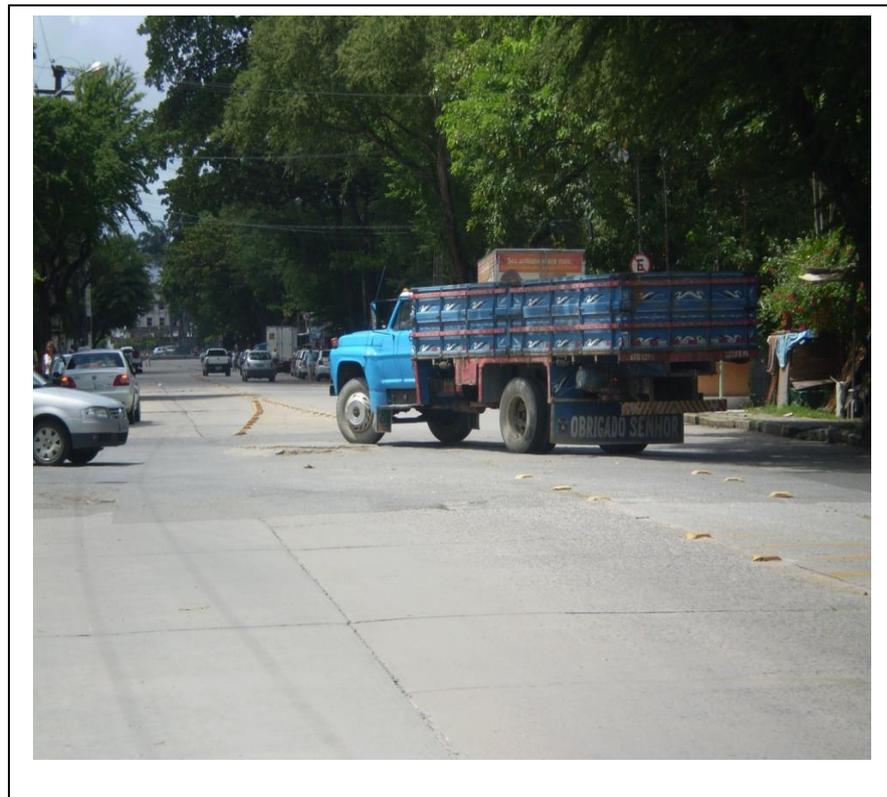
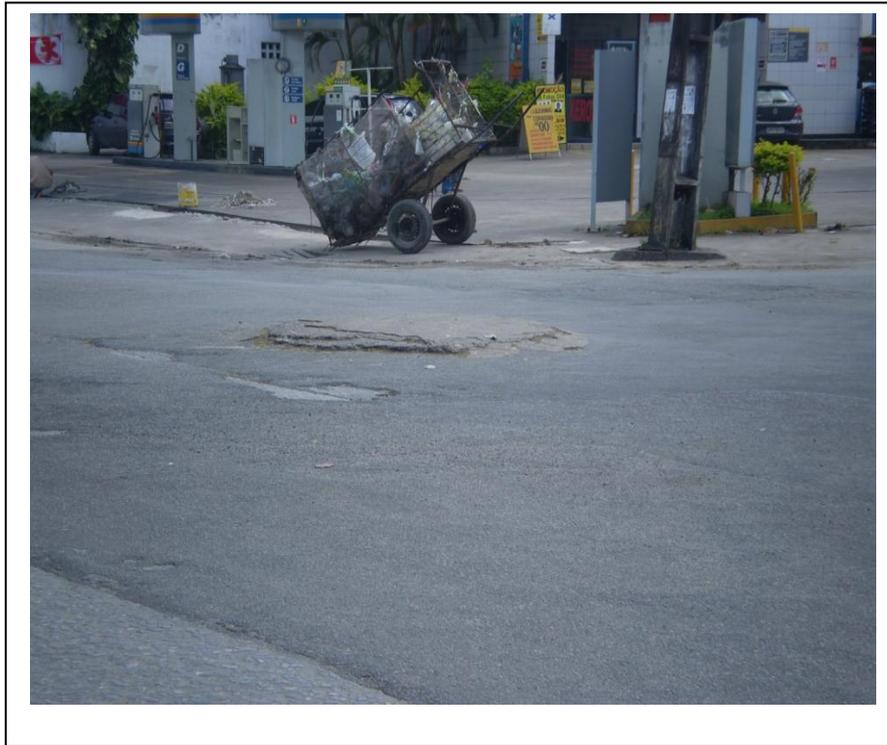
MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA AVENIDA GENERAL POLIDORO COM A RUA PROFESSOR ARTUR DE SÁ					
APROXIMAÇÃO: RUA PROFESSOR ARTUR DE SÁ - CID/SUB					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	5	6	0	11
	ÔNIBUS	0	2	0	2
	CAMINHÃO	0	1	0	1
6:30h às 6:45h	AUTO	7	12	0	19
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	1	0	1
6:45h às 7:00h	AUTO	8	24	0	32
	ÔNIBUS	0	2	0	2
	CAMINHÃO	0	1	0	1
7:00h às 7:15h	AUTO	5	44	0	49
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	2	0	2
7:15h às 7:30h	AUTO	17	39	0	56
	ÔNIBUS	0	1	0	1
	CAMINHÃO	1	0	0	1
7:30h às 7:45h	AUTO	8	31	0	39
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:45h às 8:00h	AUTO	7	41	0	48
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	3	0	3
8:00h às 8:15h	AUTO	5	21	0	26
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	1	0	1
Veículos	AUTO	62	218	0	280
	ÔNIBUS	0	5	0	5
	CAMINHÃO	1	9	0	10
TOTAL POR APROX. (UCP)		64	245	0	309
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
309					
Volume Total de Veículos na interseção (UCP)					
2077					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO R – Estatísticas de acidentes de trânsito

Estatísticas de Acidentes de Trânsito em Recife - Período: 2003 à 2009														
Local: Rua Gal Polidoro cruzamento com a Av Profº Arthur de Sá - Cidade Universitária - RPA 04														
ANO	ACIDENTE		Nº VÍTIMA		NATUREZA DO ACIDENTE									
	S/ VÍTIMA	C/ VÍTIMA	MORTOS	FERIDOS	ATROPELAMENTO		ABALROAMENTO		COLISÃO		CHOQUE		CAP./TROMB.	NÃO INF.
					PEDESTRE	ANIMAL	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	FRONTAL	TRASEIRA	O. FIXO	V. PARADO		
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	1	1	0	3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Total	2	1	0	3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0

Fonte:GOES/CTTU

ANEXO S – Registro fotográfico



ANEXO T - Mini-rotatória no cruzamento da rua Estrada do Bongi com a rua Carlos Gomes.



ANEXO U – Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA ESTRADA DO BONGI COM A RUA CARLOS GOMES					
APROXIMAÇÃO: ESTRADA DO BONGI SUB/CID					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	0	29	17	46
	ÔNIBUS	0	1	2	3
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:30h às 6:45h	AUTO	0	69	23	92
	ÔNIBUS	0	1	4	5
	CAMINHÃO	0	0	1	1
6:45h às 7:00h	AUTO	0	115	26	141
	ÔNIBUS	0	2	4	6
	CAMINHÃO	0	3	0	3
7:00h às 7:15h	AUTO	1	162	27	190
	ÔNIBUS	0	2	3	5
	CAMINHÃO	0	1	2	3
7:15h às 7:30h	AUTO	1	131	22	154
	ÔNIBUS	0	0	2	2
	CAMINHÃO	0	4	1	5
7:30h às 7:45h	AUTO	0	183	17	200
	ÔNIBUS	0	1	5	6
	CAMINHÃO	0	2	0	2
7:45h às 8:00h	AUTO	0	189	28	217
	ÔNIBUS	0	0	3	3
	CAMINHÃO	1	3	2	6
8:00h às 8:15h	AUTO	0	181	30	211
	ÔNIBUS	0	0	4	4
	CAMINHÃO	0	10	2	12
Veículos	AUTO	3	881	162	1046
	ÔNIBUS	0	188	53	241
	CAMINHÃO	1	13	10	24
TOTAL POR APROX. (UCP)		5	1327	299	1630
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
1630					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO V – Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA ESTRADA DO BONGI COM A RUA CARLOS GOMES					
APROXIMAÇÃO: ESTRADA DO BONGI CID/SUB					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	5	12	0	17
	ÔNIBUS	1	1	0	2
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:30h às 6:45h	AUTO	11	27	0	38
	ÔNIBUS	1	1	0	2
	CAMINHÃO	2	1	1	4
6:45h às 7:00h	AUTO	23	54	0	77
	ÔNIBUS	2	1	0	3
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:00h às 7:15h	AUTO	30	51	0	81
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:15h às 7:30h	AUTO	44	78	0	122
	ÔNIBUS	1	1	0	2
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:30h às 7:45h	AUTO	35	70	0	105
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	2	2	0	4
7:45h às 8:00h	AUTO	39	90	0	129
	ÔNIBUS	4	3	0	7
	CAMINHÃO	0	0	0	0
8:00h às 8:15h	AUTO	29	82	0	111
	ÔNIBUS	1	0	0	1
	CAMINHÃO	2	1	0	3
Veículos	AUTO	216	464	0	680
	ÔNIBUS	10	7	0	17
	CAMINHÃO	6	4	1	11
TOTAL POR APROX. (UCP)		249	487	2	738
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
738					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO W – Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA ESTRADA DO BONGI COM A RUA CARLOS GOMES					
APROXIMAÇÃO: RUA CARLOS GOMES					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	5	0	3	8
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:30h às 6:45h	AUTO	12	0	9	21
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	2	0	2	4
6:45h às 7:00h	AUTO	24	1	9	34
	ÔNIBUS	6	0	0	6
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:00h às 7:15h	AUTO	28	0	13	41
	ÔNIBUS	6	0	0	6
	CAMINHÃO	1	0	2	3
7:15h às 7:30h	AUTO	42	0	19	61
	ÔNIBUS	2	0	0	2
	CAMINHÃO	0	0	1	1
7:30h às 7:45h	AUTO	31	0	25	56
	ÔNIBUS	4	0	0	4
	CAMINHÃO	0	0	2	2
7:45h às 8:00h	AUTO	41	0	19	60
	ÔNIBUS	4	0	0	4
	CAMINHÃO	2	0	1	3
8:00h às 8:15h	AUTO	45	0	19	64
	ÔNIBUS	6	0	0	6
	CAMINHÃO	0	0	1	1
Veículos	AUTO	228	1	116	345
	ÔNIBUS	28	0	0	28
	CAMINHÃO	5	0	9	14
TOTAL POR APROX. (UCP)		300	1	132	433
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
433					
Volume Total de Veículos na interseção (UCP)					
2800					

ANEXO X – Estatísticas de acidentes de trânsito

Estatísticas de Acidentes de Trânsito em Recife - Período: 2003 à 2009														
Local: Estrada do Bongí cruzamento com a Rua Carlos Gomes - Bongí - RPA 05														
ANO	ACIDENTE		Nº VÍTIMA		NATUREZA DO ACIDENTE									
	S/ VÍTIMA	C/ VÍTIMA	MORTOS	FERIDOS	ATROPELAMENTO		ABALROAMENTO		COLISÃO		CHOQUE		CAP./TROMB.	NÃO INF.
					PEDESTRE	ANIMAL	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	FRONTAL	TRASEIRA	O. FIXO	V. PARADO		
2003	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
2004	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2005	4	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0
2006	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
2007	5	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0
Total	14	0	0	0	0	0	8	3	0	3	0	0	0	0

Fonte:GOES/CTTU

ANEXO Y - Registro fotográfico



ANEXO Z - Mini-rotatória no cruzamento da rua General Joaquim Inácio com a rua Estado de Israel.



ANEXO AA – Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA GENERAL JOAQUIM INÁCIO COM A RUA ESTADO DE ISRAEL.					
APROXIMAÇÃO: GAL JOAQUIM INACIO					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	0	10	2	12
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:30h às 6:45h	AUTO	0	12	4	16
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:45h às 7:00h	AUTO	0	27	3	30
	ÔNIBUS	0	1	0	1
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:00h às 7:15h	AUTO	0	110	9	119
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:15h às 7:30h	AUTO	0	100	6	106
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:30h às 7:45h	AUTO	0	81	3	84
	ÔNIBUS	0	1	0	1
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:45h às 8:00h	AUTO	0	65	5	70
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
8:00h às 8:15h	AUTO	0	40	7	47
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
Veículos	AUTO	0	445	39	484
	ÔNIBUS	0	2	0	2
	CAMINHÃO	0	0	0	0
TOTAL POR APROX. (UCP)		0	450	39	489
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
489					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO AB - Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA GENERAL JOAQUIM INÁCIO COM A RUA ESTADO DE ISRAEL.					
APROXIMAÇÃO: RUA LINS PETIT					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	18	10	0	28
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:30h às 6:45h	AUTO	25	18	2	45
	ÔNIBUS	1	0	0	1
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:45h às 7:00h	AUTO	45	30	4	79
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:00h às 7:15h	AUTO	95	53	15	163
	ÔNIBUS	0	2	0	2
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:15h às 7:30h	AUTO	105	68	6	179
	ÔNIBUS	1	0	0	1
	CAMINHÃO	1	0	0	1
7:30h às 7:45h	AUTO	130	66	7	203
	ÔNIBUS	2	1	0	3
	CAMINHÃO	1	0	0	1
7:45h às 8:00h	AUTO	103	65	6	174
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	2	0	1	3
8:00h às 8:15h	AUTO	103	65	6	174
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	2	0	1	3
Veículos	AUTO	624	375	46	1045
	ÔNIBUS	4	3	0	7
	CAMINHÃO	6	0	2	8
TOTAL POR APROX. (UCP)		644	382	50	1075
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
1075					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO AC – Tabulação da contagem volumétrica

MINI-ROTATÓRIA NO CRUZAMENTO DA RUA GENERAL JOAQUIM INÁCIO COM A RUA ESTADO DE ISRAEL.					
APROXIMAÇÃO: RUA ESTADO DE ISRAEL					
HORA	TIPO	MOVIMENTOS			TOTAL (Veíc.)
		À Direita	Em Frente	À Esquerda	
6:15h às 6:30h	AUTO	8	0	6	14
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
6:30h às 6:45h	AUTO	18	0	17	35
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	1	1
6:45h às 7:00h	AUTO	17	0	35	52
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:00h às 7:15h	AUTO	32	0	44	76
	ÔNIBUS	0	0	2	2
	CAMINHÃO	0	0	2	2
7:15h às 7:30h	AUTO	24	0	46	70
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	1	1
7:30h às 7:45h	AUTO	17	0	35	52
	ÔNIBUS	0	0	1	1
	CAMINHÃO	0	0	0	0
7:45h às 8:00h	AUTO	13	0	51	64
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	2	2
8:00h às 8:15h	AUTO	9	0	39	48
	ÔNIBUS	0	0	0	0
	CAMINHÃO	0	0	2	2
Veículos	AUTO	138	0	273	411
	ÔNIBUS	0	0	3	3
	CAMINHÃO	0	0	8	8
TOTAL POR APROX. (UCP)		138	0	294	432
Volume Total de Veículos na Aproximação (UCP)					
432					
Volume Total de Veículos na interseção (UCP)					
1995					
UCP: CARRO =1; CAMINHÃO= 1,75 E ÔNIBUS=2,25					

ANEXO AD – Estatísticas de acidentes de trânsito

Estatísticas de Acidentes de Trânsito em Recife - Período: 2003 à 2009														
Local: Rua Gal Joaquim Inácio cruzamento com a Rua Estado de Israel - Ilha do Leite - RPA 01														
ANO	ACIDENTE		Nº VÍTIMA		NATUREZA DO ACIDENTE									
	S/ VÍTIMA	C/ VÍTIMA	MORTOS	FERIDOS	ATROPELAMENTO		ABALROAMENTO		COLISÃO		CHOQUE		CAP./TROMB.	NÃO INF.
					PEDESTRE	ANIMAL	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	FRONTAL	TRASEIRA	O. FIXO	V.PARADO		
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2007	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Total	3	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0

Fonte:GOES/CTTU

ANEXO AE - Registro fotográfico



ANEXO AF – Manual de Instruções para o Projeto de Mini-rotatórias.

INSTRUÇÕES PARA O PROJETO DE MINI-ROTATÓRIAS



PROF. OSWALDO CAVALCANTI DA COSTA LIMA NETO, Dr. Ing. (UFPE)

(ORIENTADOR)

JOÃO PAULO BARBOSA DA COSTA

Eng. Civil

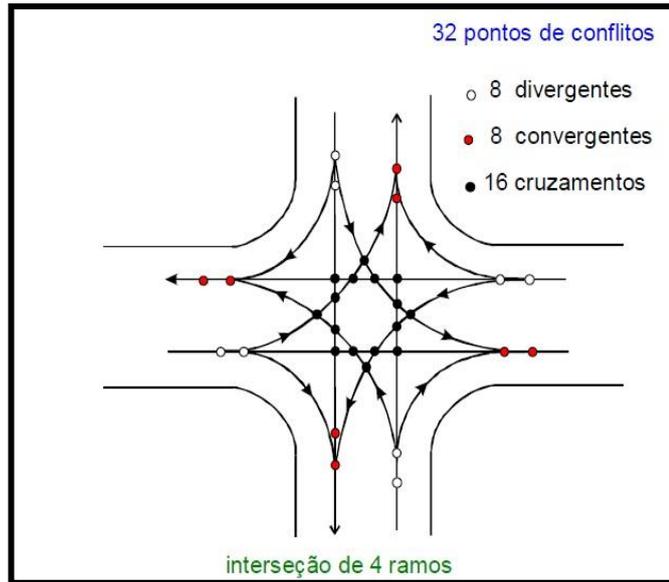
1. Introdução

Este documento surgiu da necessidade de termos elementos mínimos a serem recomendados na elaboração de um projeto de mini-rotatória. Os elementos, a serem abordados neste documento, foram obtidos tanto de experiências nacionais (CET-SP) como de alguns países, que há anos desenvolvem e aprimoram projetos de mini-rotatórias. Estas recomendações devem ajudar a tomar decisões de forma técnica. Portanto os elementos de projeto que serão apresentados não constituem em si uma solução definida devendo adequar-se à realidade em que será implantado.

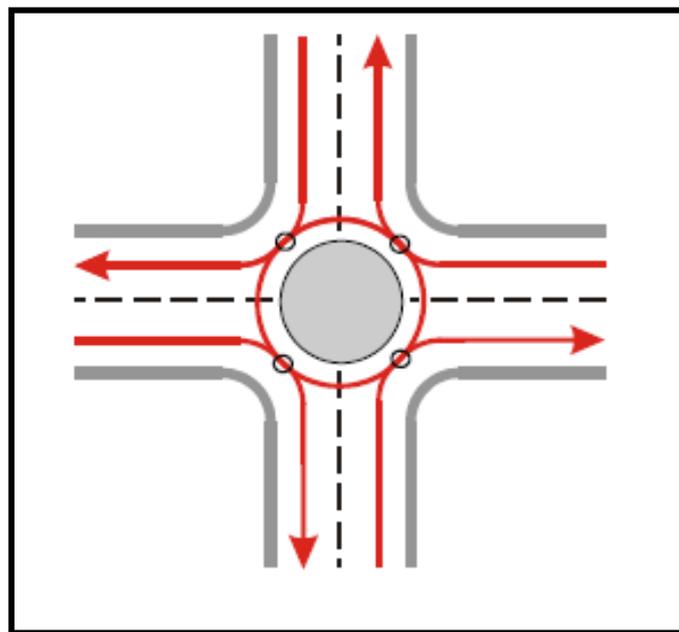
As interseções viárias são pontos nevrálgicos do funcionamento de uma rede viária de transportes, pois é lá onde se perde mais tempo e onde ocorre grande parte dos acidentes. Nas interseções ocorrem movimentos de fluxos que divergem, convergem e se cruzam. Estes movimentos de fluxos geram o que conhecemos por pontos de conflitos de tráfego. Partindo deste conceito, as mini-rotatórias constituem um dispositivo simples e econômico no gerenciamento e disciplinamento dos pontos de conflitos de tráfego nas interseções.

A origem das mini-rotatórias remonta aos anos de 1971 quando o Transport and Road Research Laboratory (TRRL) realizou experiências a fim de demonstrar que a capacidade viária de uma rotatória poderia ser aumentada, por meio da redução do tamanho da ilha central e/ou do aumento da largura das aproximações, próximo da faixa de retenção. Estabeleceu-se que o diâmetro desta pequena ilha poderia ter até 1/3 do círculo inscrito na área do cruzamento. Nos locais em que forem obstruídos os movimentos de conversão de ônibus ou caminhões, ela pode ser substituída por outra ilha sem guia (apenas pintada com tinta termoplástica), com diâmetro de um a quatro metros. Com o sucesso dessas experiências, a utilização de mini-rotatórias entrou no rol das soluções para o controle de tráfego nas interseções em vários países europeus e posteriormente por todo o Mundo.

Apesar de ser uma solução barata, ao compará-la com outras formas de interseções, vale lembrar que não constitui uma solução perfeita. O seu projeto requer não só sinalização horizontal e vertical, podendo requerer ainda uma remodelação da geometria das vias que se interceptam. As figuras 01 e 02 ilustram a problemática vivida nos cruzamentos das redes viárias de transportes.



Figuras 01: Pontos de conflitos de tráfego numa interseção.
 Fonte: Pimenta et al



Figuras 02: Pontos de conflitos de tráfego, reduzidos a 08 numa interseção, após a implantação de uma mini-rotatória.
 Fonte: CET - SP.

Analisando as figuras 01 e 02 vemos redução no número de pontos de conflito de tráfego após a implantação de uma mini-rotatória. Em especial podemos destacar a redução no número de pontos de conflitos em secante, em forma de cruz, que guardam uma alta correlação de acidentes com vítimas fatais e a redução das velocidades dos veículos ao entrarem e cruzarem

a interseção amenizando assim a severidade dos acidentes. É de extrema relevância o monitoramento das mini-rotatórias instaladas, a fim de adequá-las no contexto em que estão inseridas, devendo sempre atender as condições de segurança e fluidez do trânsito.

2. Estágios na avaliação de locais candidatos a implantação de mini-rotatórias

Antes de implantar uma mini-rotatória devemos observar alguns pré-requisitos. Como um ponto de partida **NÃO** se recomenda a utilização deste dispositivo nas seguintes situações:

- Vias com duas faixas por sentido;
- Interseções com 5 (cinco) ou mais aproximações;
- Não há escopo para a redução de velocidade de aproximação;
- A velocidade de 85% percentil exceder o limite de 56 km/h.

Caso as situações acima descritas não aconteçam, podemos utilizar dois estágios de avaliação para implantação de uma mini-rotatória (BODÉ, 2006):

No primeiro estágio faz-se uma avaliação sobre o local e em seguida uma coleta de informações pertinente como: fluxos de veículos; acidentes; geometria do cruzamento e a existência de espaço suficiente para a implantação de uma mini-rotatória. Outros questionamentos também são abordados como: o desempenho que a mini-rotatória irá proporcionar na segurança da interseção; a acessibilidade e viabilidade financeira na remodelação do cruzamento e por fim a vida útil da mini-rotatória. A resposta a esses questionamentos devem ser positivas e atender aos anseios dos projetistas e usuários, pois a utilização de mini-rotatórias não constitui apenas um projeto de sinalização e sim uma série de questionamentos a serem satisfeitos.

No segundo estágio de avaliação devem ser considerados os seguintes fatores: visibilidade; velocidade dos veículos; características da via; volume de tráfego; número de aproximações; composição do tráfego; vulnerabilidade dos pedestres e barulhos e vibrações. Estes fatores devem ser estritamente respeitados e fundamentados a fim de termos uma implantação de mini-rotatória adequada ao contexto em que está inserida.

Os itens que se seguem irão fornecer subsídios para o entendimento dos estágios na avaliação de locais candidatos a implantação de mini-rotatórias.

3. Vantagens sobre outras formas de cruzamento

As mini-rotatórias apresentam muitas vantagens em relação aos diversos tipos de cruzamentos existentes. Algumas vantagens serão abordadas sucintamente neste item.

- Segurança no trânsito

As mini-rotatórias proporcionam um nível de segurança no trânsito significativamente alto. Estudos comprovam a existência de poucos acidentes em mini-rotatórias. Estes acidentes, geralmente, são devido à manobra de giro no cruzamento e/ou à manobra na saída do cruzamento. Particularmente estes tipos de acidentes podem acontecer nas primeiras semanas de funcionamento da mini-rotatória. Ao contrário das rotatórias convencionais não se pode esperar que nas mini-rotatórias todos os usuários tenham a imediata compreensão das regras de preferência. Desta forma é de se esperar no início de operação a existência de conflitos no direito de passagem, os conflitos de tráfego, porém a baixa velocidade pode impedir que eles se transformem em acidentes.

- Maiores capacidades e menores tempos de espera

Nas mini-rotatórias podemos observar que mesmo em condições de elevado volume médio diário de veículos o tráfego se mantém em movimento, excepcionalmente ocorre à parada do fluxo.

- Baixo custo de implantação e de manutenção

Os custos de implantação e manutenção das mini-rotatórias são inferiores aos custos de implantação de semáforos. A implantação de um semáforo varia de R\$ 16.000,00 a R\$ 35.000,00 conforme o tipo de cruzamento. A implantação de uma mini-rotatória custa aproximadamente R\$ 7.000,00, padrão CET-SP, no caso de se utilizar na demarcação da

mesma pintura no pavimento, tachões, sinalização horizontal e vertical. Estas são as chamadas mini-rotatórias demarcada com sinalização horizontal. Nos casos em que há a necessidade de implantação de uma ilha em asfalto os custos adicionais se devem a construção da ilha, chegando a aproximadamente R\$ 12.000,00.

- Necessidade de pouca área

As rotatórias convencionais necessitam de grandes áreas para serem implantadas, sendo um problema utilizá-las nas aglomerações urbanas devido à falta de áreas disponíveis no entorno das interseções e aos elevados custos financeiros das desapropriações. Desta forma as mini-rotatórias se adaptam bem aos locais com restrições físicas de espaço.

- Redutor de velocidade

A partir de 1970 passou-se a difundir o conceito de Moderação do Tráfego (Traffic Calming), que tem por objetivo amenizar a velocidade do tráfego, reduzindo os números e as severidades dos acidentes em áreas urbanas e rurais. As mini-rotatórias têm desempenhado um papel muito importante na moderação do tráfego de maneira segura e útil. Os motoristas passam a prestar mais atenção ao cruzamento e conseqüentemente reduzem a velocidade de aproximação. Desta forma elas atuam como uma medida moderadora de tráfego.

4. Tipos de mini-rotatórias

As mini-rotatórias podem ser classificadas em dois tipos conforme o tipo da ilha central: mini-rotatória com ilha central física e mini-rotatória demarcada com sinalização horizontal.

- Mini-rotatória com ilha central física

Este tipo de mini-rotatória tem como característica uma ilha central física, construída em asfalto, concreto portland, tijolos ou outro material. Tem como vantagens velocidades mais baixas; não polui (Semáforo Ecológico); um maior respeito ao direito de preferência; uma área da ilha possivelmente permeável; poucos atrasos e uma circulação ordenada, contínua e segura.

Entre as desvantagens podemos citar: os custos de manutenção em relação às mini-rotatórias demarcadas com sinalização horizontal; desconfortos dos veículos maiores ao trafegarem sobre a ilha central; custos de implantação e possíveis colisões dos veículos com a ilha.

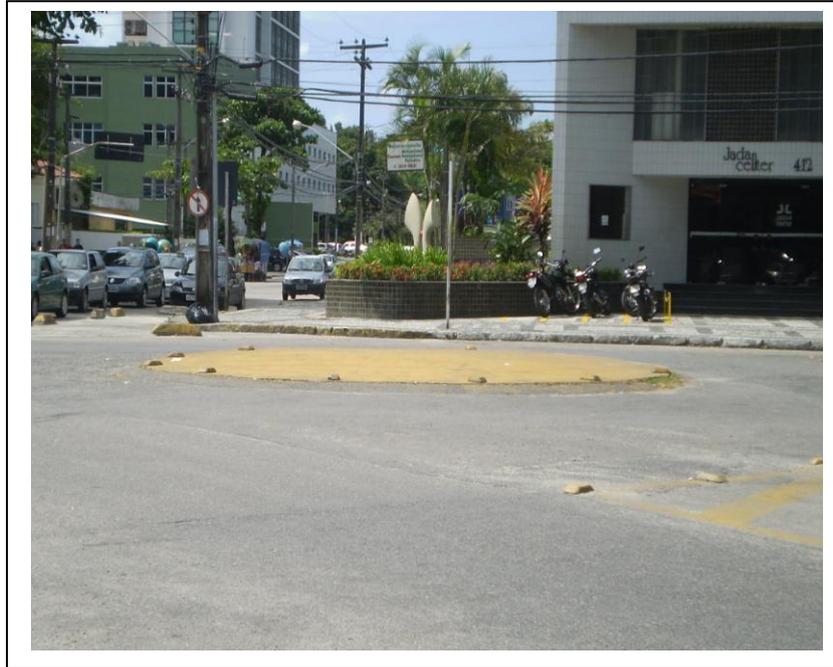


Figura 03: mini-rotatória com ilha central física.

- Mini-rotatória demarcada com sinalização horizontal

Este tipo de mini-rotatória tem como característica principal a presença de uma ilha central demarcada apenas com sinalização horizontal. Esta demarcação é feita com tachões formando uma ilha circular no centro da interseção.

Tem como vantagens: o baixo custo de implantação; conflitos menos agudos; não polui (semáforo ecológico); diminuição das velocidades praticadas; não ocorrem colisões dos veículos com a ilha central; ótimo rendimento em condições adversas; poucos atrasos e circulação ordenada, contínua, segura.

Entre as desvantagens podemos citar: manutenção constante (paisagismo); alta taxa de desrespeito a preferência da faixa giratória; não apropriadas para altos volumes de pedestres e os veículos podem trafegar facilmente sobre a ilha demarcada.



Figura 04: mini-rotatória com ilha central demarcada com sinalização horizontal.
Fonte: Sérgio Barnabé.

5. Elementos de projeto de uma mini-rotatória

As mini-rotatórias são rotatórias construídas em ambientes urbanos. Devido ao seu pequeno tamanho, os veículos largos ao realizarem movimentos de conversão podem passar sobre a ilha central. Contudo são projetadas para acomodar os automóveis exigindo que os motoristas conduzam os veículos em torno da ilha central. São úteis em ambientes urbanos com baixas velocidades e em situações onde há impedimentos na utilização de rotatórias convencionais. Para um entendimento das características geométricas de uma mini-rotatória serão descritos os principais itens a serem considerados para melhor planejar este tipo de dispositivo:

- **Diâmetro do Círculo Inscrito (DCI)** na interseção: Tem a finalidade de permitir que os veículos possam desviar da ilha ao trafegarem pela faixa de circulação. O diâmetro deve estar compreendido entre 13 e 27m. Medidas inferiores a 13 m não oferecem desvio adequado a veículos maiores, o que ocasionará o tráfego sobre a ilha central;
- **Faixa de Circulação ou Canalização (FC):** É a faixa ao redor da ilha central, conhecida como faixa de circulação, deverá ser ao máximo possível circular. Tal fato deve-se a obrigatoriedade da mesma permitir aos veículos o desvio adequado ao entrarem na interseção. A largura da faixa deverá ser baseada nos raios de giros especificados nos manuais da região a ser implantada. Para Diâmetro do Círculo

Inscrito entre 13,0 m e 15,0 m a largura da faixa de circulação deve ser de 4,5 m. diâmetros acima de 16,0 m a largura da faixa de circulação pode ser reduzida para 4,0 m;

- **Ilha Central (IC):** É um elemento marcante e central para uma mini-rotatória. Devido a IC os veículos desviam-se do centro da interseção, de forma a contorná-la. Este comportamento faz com que haja uma redução dos pontos de conflitos. É ideal que o posicionamento da ilha seja no centro da interseção, caso não seja possível esta poderá ser deslocada de forma a permitir a fluidez do tráfego. Posicionamento errado da IC permitirá que os veículos trafeguem sobre a mesma, levando a descrédito as normas que regem a circulação na interseção. Os manuais internacionais também destacam a importância da altura da IC, afim de que a mesma seja respeitada. Tal altura é da ordem de 12,5 cm, dependendo do tipo de veículos que trafegam no local, podendo ser reduzida a uma altura de 6,0 cm em rotas de transporte público. Há situações em que a mesma é apenas nivelada. É importante que a IC seja pintada com tinta refletiva a fim de permitir seu reconhecimento a uma distância segura;
- **Divisores de Faixa de Rolamento (DFR):** Dependendo das características da via nem sempre é possível a utilização do DFR. Os critérios que deverão ser avaliados na implantação são os volumes de pedestres, os volumes de tráfego, os recursos financeiros e o espaço disponível. Caso não se opte pela construção de DFR, o mesmo poderá ser apenas pintado no pavimento, reduzindo assim os custos;
- **Faixa de Pedestre (FP):** No caso de mini-rotatória é muito importante a implantação de faixa de pedestres. Devido a curta distância das faixas de entrada e saída que dificultam a travessia de pedestres, os mesmos têm problemas na avaliação do momento exato de travessia. Tal implantação é obrigatória quando existe um elevado número de pedestres atravessando nas aproximações da interseção. Esta faixa de pedestres deverá ser localizada a uma distância de 4 m antes da linha de preferência de passagem, não importando se a faixa é de aproximação ou de saída;
- **Deflexão:** A deflexão é um elemento importante de projeto e está relacionada à ilha central. O que não pode acontecer é que o projeto considere uma mini-rotatória como apenas uma marcação viária, mas que se analisem as consequências que um traçado inadequado pode ocasionar;
- **Visibilidade:** Para que uma mini-rotatória possa funcionar como pretendida é essencial que interseção forneça uma visibilidade adequada para os motoristas. Os

movimentos de conversão à direita, à esquerda e em frente deverão ser perceptíveis por todos que se aproximam a uma distância de 40,0 m, inclusive aqueles que estão contornando a ilha central;

- **Largura da faixa de aproximação e da faixa de saída:** Sendo um projeto simples e de baixo custo o ideal é manter as dimensões da seção transversal da via. Dimensões normalmente recomendadas estão entre 3,5 m e 3,75m;
- **Ciclistas:** Os ciclistas deverão circular normalmente e em conjunto com os veículos. Tal atenção deverá ser direcionada caso exista ciclovia, pois esta deverá terminar antes da mini-rotatória e reiniciar após a passagem pela mesma;
- **Tráfego Pesado:** Embora necessitem de maiores raios de giro, que as mini-rotatórias não dispõem, os veículos pesados poderão trafegar por interseções deste tipo. Graças à altura da ilha central os veículos poderão trafegar sobre a mesma;
- **Capacidade:** Este item exige uma análise de diversos manuais internacionais, pois a capacidade de uma mini-rotatória está diretamente relacionada com o fluxo que chega a interseção. Como recomendação inicial propõe-se um VMD de 17.000,00 (UCP) e após um monitoramento pode-se obter um VMD máximo para a região em estudo. Outros VMD são estipulados por algumas normativas técnicas internacionais conforme a tabela 01:

Tabela 01: Volume Médio Diário na interseção.

MANUAL	VMD (UCP)
ALEMÃO	17.000,00
AMERICANO - FWHA	15.000,00
CET- SÃO PAULO*	1.000,00

*Soma dos veículos no cruzamento na hora pico não deve ser superior

- **Paisagismo:** As mini-rotatórias apresentam uma ilha com aproximadamente 1/3 do diâmetro do círculo inscrito, fazendo com que os veículos de maiores dimensões (caminhões e ônibus) transitem sobre a ilha, portanto não se recomenda a utilização de monumentos e/ou dispositivos que dificultem ou impeçam que estes veículos trafeguem sobre a ilha. O paisagismo restringe-se a visibilidade dos condutores.

A figura 05 mostra os principais elementos de projeto de uma mini-rotatória:

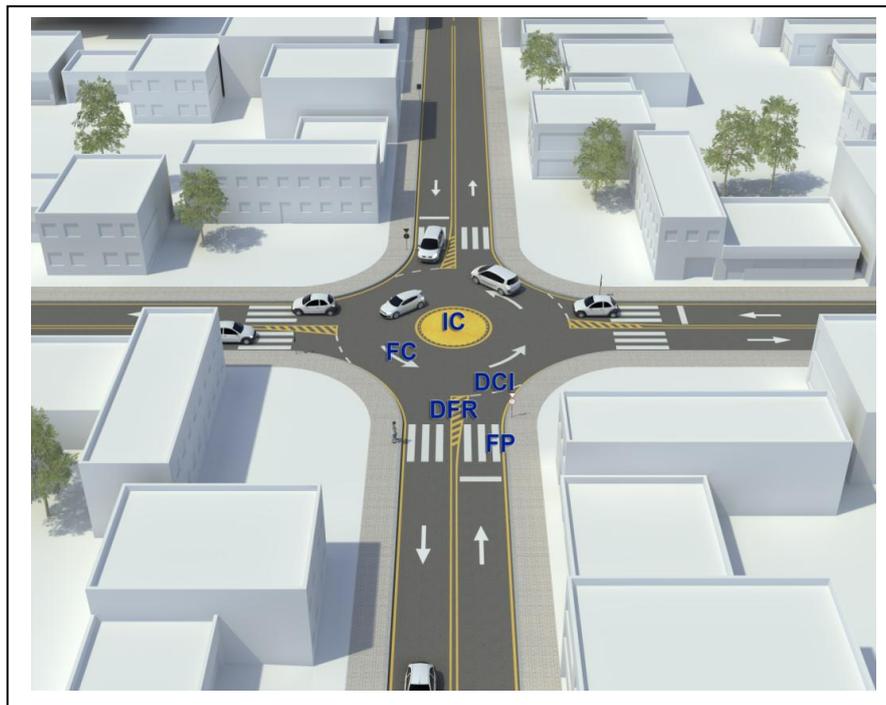


Figura 05: Principais elementos de projeto de uma mini-rotatória.

6. Projeto de uma mini-rotatória

O projeto de uma mini-rotatória não inclui apenas a implantação da ilha, mas sim uma série de fatores a serem observados e adequados ao contexto do ambiente. Para planejar adequadamente uma mini-rotatória é necessário observarmos o seguinte:

- A quantidade de linhas de Transporte Público que trafegam no local e suas respectivas frequências: É necessário observar se os mesmos utilizam a interseção em linha reta ou se fazem conversões a esquerda e com qual frequência. Em linha reta, é prevista a ultrapassagem sobre o círculo da rotatória e, dependendo da largura da via, é até possível contornar o círculo;
- A geometria do cruzamento existente: Nos cruzamentos de ruas com larguras inferiores a 8 metros a instalação de mini-rotatórias não é recomendável, já que o círculo ficará muito pequeno, não permitindo que os motoristas façam as conversões confortavelmente;

- Distâncias dos cruzamentos vizinhos: É necessário observar a presença de cruzamentos próximos que possam causar uma perturbação no fluxo da mini-rotatória;
- Proximidades de instalações sensíveis, como escolas, asilos ou instalações para deficientes;
- A capacidade de tráfego: A capacidade esperada para uma mini-rotatória é muito semelhante à capacidade das rotatórias urbanas compactas. Elas podem suportar fluxos de tráfego de até 17.000,00 veículos por dia e em condições especiais até 20.000,00 veículos em suas aproximações (padrão alemão). Este fluxo pode ser manejado sem grandes tempos de espera nem formação de congestionamento. Uma capacidade semelhante somente é possível de se alcançar, com segurança, num cruzamento com semáforo que tenha faixas auxiliares de giro;
- Caso aconteçam problemas de fluidez em interseções com mini-rotatória, o órgão gestor de trânsito deverá propor padrões próprios para o volume de tráfego máximo a que pode estar submetida uma mini-rotatória;
- Dados de acidentes nos cruzamentos existentes: dados de acidentes mostram a periculosidade do cruzamento e constituem uma característica pertinente para implantar uma mini-rotatória.

No quesito segurança devemos observar o seguinte:

- Os motoristas devem saber a tempo suficiente que estão se aproximando de uma mini-rotatória;
- Deve haver um controle apropriado da velocidade, evitando colisões e minimizando a severidades dos acidentes que venham a acontecer;
- Motoristas e ciclistas devem ser capazes de ver uns aos outros claramente e em todas as condições de luminosidade;
- Os pedestres devem atravessar a via na faixa de pedestres e não sobre a ilha central;
- A seleção do local será sempre baseada em critérios objetivos;
- Deve ter em mente que apenas a ilha central não reduz a velocidade de aproximação, e sim todo um projeto de sinalização e canalização do fluxo;
- O posicionamento ou diâmetro errado da ilha central pode levar os condutores a não respeitar as regras que regem a utilização da mini-rotatória. A figura 06 mostra este problema:

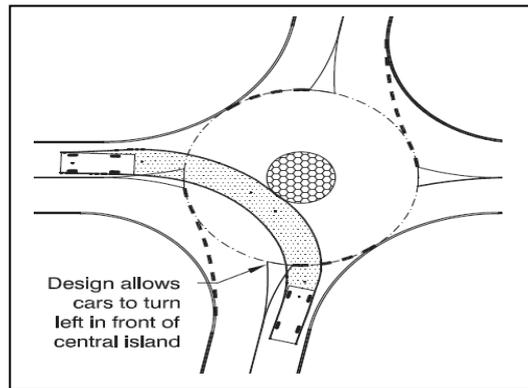


Figura 06: Dimensão da ilha central incorreta, permitindo manobras perigosas pelos condutores.
 Fonte: FHWA.

A figura 07 mostra duas possíveis soluções que impossibilitem manobras perigosas na utilização da mini-rotatória. Podemos, então, destacar o prolongamento dos divisores de faixa de rolamento além da linha de cedência de preferência ou o aumento do diâmetro da ilha central, respectivamente.

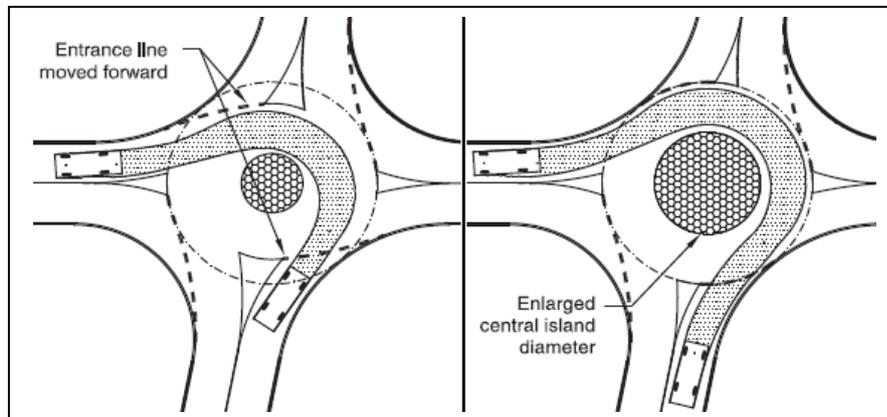


Figura 07: prolongamentos dos divisores de faixa de rolamento além da linha de cedência de preferência e o aumento do diâmetro da ilha central, ocasionando uma maior segurança na utilização do cruzamento, respectivamente.
 Fonte: FHWA.

Na figura 08 vemos os principais passos a serem seguidos num projeto de implantação de uma mini-rotatória.

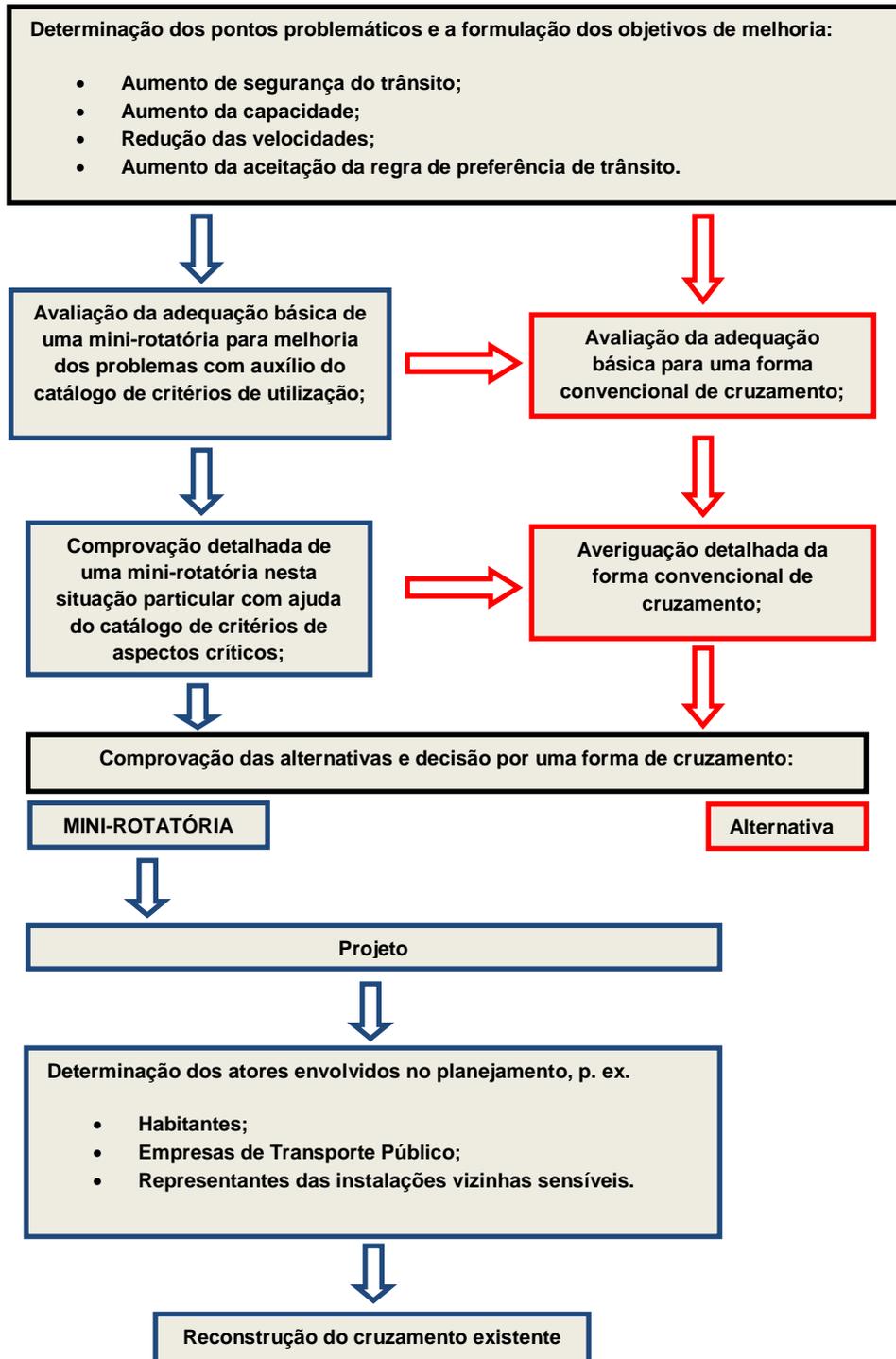


Figura 08. Passos no planejamento de uma mini-rotatória.

Fonte: Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehrs (1999).

Os critérios de utilização são as situações de acidentes que passam a ser notadas, capacidade insuficiente, altas velocidades, economia e insuficiência de área. Enquanto que os aspectos críticos correspondem a reconhecimento deficiente, altos volumes de tráfego, carregamentos desiguais nas aproximações da rotatória, topografia desfavorável, carência de espaço, localizações fora da área construídas, transporte público e alto percentual de tráfego pesado.

6.1 Projeto de Sinalização

O projeto de sinalização deve ofertar aos motoristas uma série de características que permitam tanto a aproximação como a utilização da mini-rotatória com segurança. O projeto de sinalização vertical deve contemplar a instalação de 16 placas, em interseções com 04 aproximações. Sendo 04 placas de “Dê a Preferência” e “Sentido Circular Obrigatório”, 04 placas para “alertar a existência da mini-rotatória à frente”, 04 placas de “Proibido Parar e Estacionar, Início e Fim”. As figuras 09 a 14 detalham a sinalização vertical:

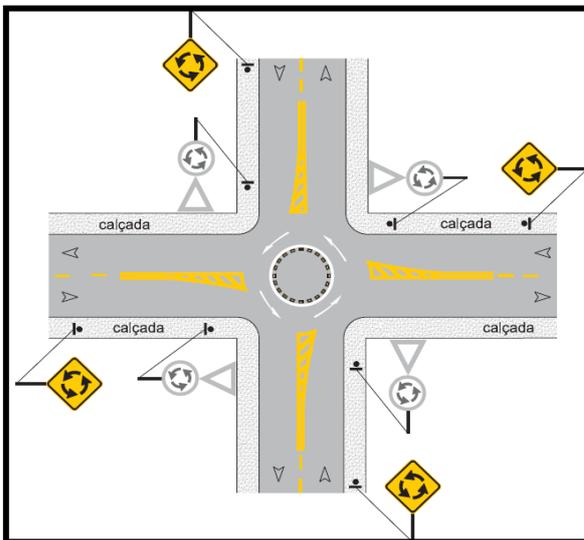


Figura 09: Placa A12 instalada a 40 metros antes do cruzamento.
Fonte: CONTRAN



Figura 10: Vista da placa A12 instalada a 40 metros antes do cruzamento.

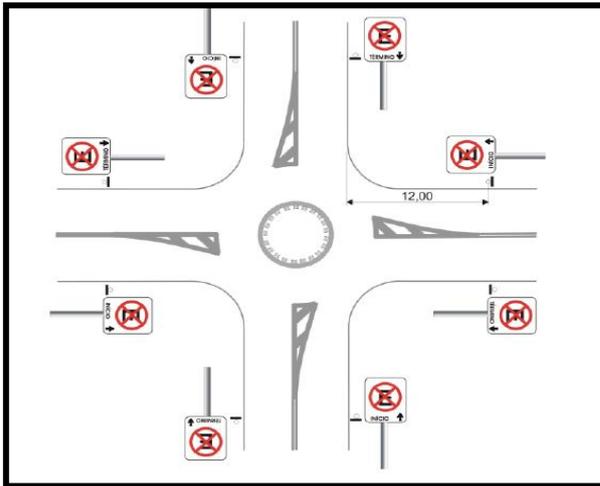


Figura 11: Placas R6 c1 e R6 c2, instaladas a 12 metros do cruzamento (Proibido estacionar e parar, Início e Fim).
Fonte: CET.



Figura 12: Vista da Placa R6 c1, instalada a 12 metros do cruzamento (Proibido estacionar e parar, Início).

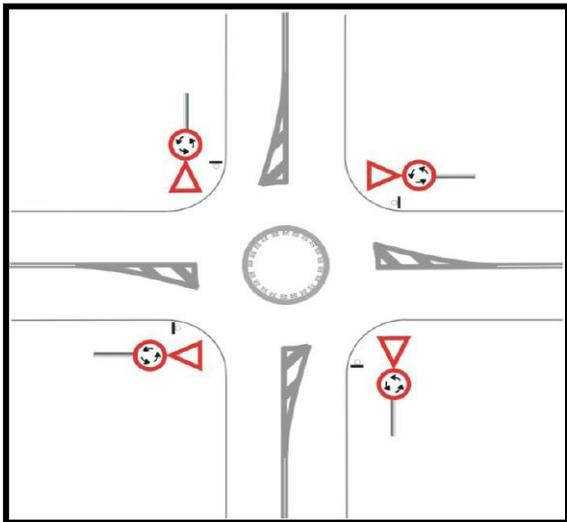


Figura 13: Placas R2 e R33 (Dê a Preferência e Sentido Circular Obrigatório).
Fonte: CET



Figura 14: Vista das placas R2 e R33 (Dê a Preferência e Sentido Circular Obrigatório).

O projeto de sinalização horizontal é composto pelas marcações viárias como a faixa de pedestres, divisores de faixa de rolamento, tachas refletivas e setas ao redor da ilha indicando o sentido correto de circulação. As figura 15 e 16 detalham o projeto de sinalização horizontal:

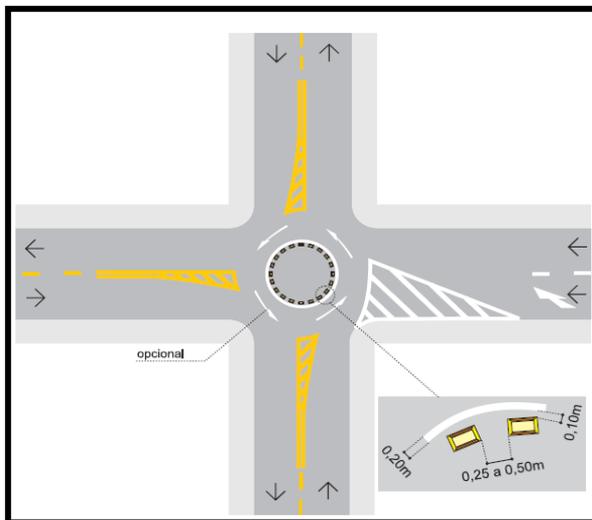


Figura 15: Sinalização horizontal de uma mini-rotatória.

Fonte: CONTRAN.

Figura 16: Vista da sinalização horizontal de uma mini-rotatória.

Como todo tipo de interseção, as mini-rotatórias também apresentam uma série de restrições conforme a lista abaixo:

- O número de faixas de aproximação não deve exceder o número de faixas de saída;
- A composição do tráfego pode afetar a operação e a efetividade da mini-rotatória, não sendo recomendado utilizá-la em locais com altas proporções de veículos pesado;
- O comportamento dos motoristas influencia no desempenho da mini-rotatória;
- Não drenar a água para o centro da ilha, pois esta poderá ficar submersa e provocar acidentes;
- O uso de meio-fio elevado para delimitar a ilha central pode ocasionar acidentes.

Espera-se que os passos apresentados neste documento possam ajudar na instalação de mini-rotatórias. Vale ressaltar que é necessário o monitoramento da operação da mini-rotatória pelo órgão gestor de tráfego que a instalou a fim de corrigir possíveis erros de projeto.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE TRANSPORTES E GESTÃO DAS INFRA-ESTRUTURAS URBANAS
Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n. CEP: 50740-530
Cidade Universitária- Recife-PE.
Oswaldo Cavalcanti da Costa Lima Neto, Dr. Ing. e-mail: osvaldolimaneto@yahoo.com.br
João Paulo Barbosa. e-mail: jpaulobc@yahoo.com.br